DRAGUTIN T. JOVANOVIĆ

IZRACUNAVANJE VREMENA MAŠINSKE OBRADE



STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA JUGOSLAVIJE

STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA

Broj 63

DRAGUTIN T. JOVANOVIĆ

IZRAČUNAVANJE VREMENA

STROJNE OBRADE U METALNOJ INDUSTRIJI

Izdanje Sindikalnog izdavačko-štamparskog preduzeća „RAD"
BEOGRAD — 1948

TIRAŽ: 15.000 ćirilicom
15.000 latinicom
Štampanje završeno jula 1948
Odgovorni urednik: DUŠAN ANĐELKOVIĆ

Štampa: Štamparija »Rad« — Beograd, Skadarska 33

UVOD

Odredjivanje vremena strojne obrade, izračunavanjem prije obrade (predkalkulacijom) ili neposrednim mjerenjem u radionici za vrijeme rada, za metalnu industriju je od vrlo velikog značaja. Može se smatrati, da je odredjivanje vremena strojne obrade jedan od glavnih činilaca u proizvodnji strojnih dijelova, jer se pravilnim odredjivanjem tog vremena:

1) daje se mogućnost planskom odjeljenju poduzeća da, na temelju pravilno odredjenog vremena strojne obrade, realno planira sve poslove koje poduzeće treba da obavi za izvjesno odredjeno vrijeme;

2) daje se mogućnost da se postave radne norme (radnog učinka);

3) pomoću radne norme, njenim ispunjavanjem ili neispunjavanjem, a u vezi s točnom dnevnom evidencijom, može se pratiti tok proizvodnje;

4) pomoću pravilno postavljene radne norme može se provesti i pravilno nagradjivanje radnika, jer pravilno postavljena radna norma najbolje pokazuje koji je od radnika i koliko učestvovao u procesu proizvodnje.

Za pravilno odredjivanje radne norme — odnosno vremena strojne obrade — nije dovoljno samo poznavanje teorije radnog toka proizvodnje, već se mora raspolagati i praktičnim iskustvom u proizvodnji.

Zbog toga svaki radnik ili namještenik nekog poduzeća metalne industrije, koji ima zadatak da odredjuje vrijeme strojne obrade, bezuslovno mora biti koliko

dobar teoretičar toliko i dobar praktičar, kako bi s uspjehom mogao obaviti zadatak odredjivanja vremena strojne obrade, odnosno uspostavljanja radne norme u proizvodnji strojnih dijelova.

Za odredjivanje vremena strojne obrade vrlo često se postavljaju i kvalifikovani industrijski radnici (majstori) koji imaju dovoljno iskustva u proizvodnji strojnih dijelova; stoga se, u cilju da se ovakvim radnicima što više pomogne pri odredjivanju vremena strojne obrade, i pristupilo pisanju ove knjižice. U njoj su uglavnom izneseni kratki savjeti o postupcima pri praktičnom odredjivanju vremena strojne obrade.

I DIO

OPĆENITO O ODREDJIVANJU VREMENA STROJNE OBRADE

DEFINICIJE

Pod mehaničkom obradom nekoga predmeta razumije se obrada pri kojoj se mijenja prvobitni prostorni oblik predmeta, bilo skidanjem strugotine materijala (tokarenjem, bušenjem, brušenjem itd.) ili medjusobnom promjenom mjesta samih čestica materijala (kovanje, prešanje, savijanje i dr.).

Mehanička obrada može biti ručna ili strojna, prema tome da li mehaničku obradu vrši sam radnik, trošeći pri tome vlastitu snagu, ili obradu vrši stroj za obradu (mašina alatka). Mehanička obrada nekoga predmeta koju vrši sam radnik pomoću alata u ruci, trošeći pri tome vlastitu snagu, naziva se ručna obrada, a mehanička obrada koju vrši stroj za obradu (u kojem je učvršćen i sam alat za obradu) naziva se strojna obrada.

Prednost strojne obrade nad ručnom u pogledu brzine rada, točnosti izrade i snage, vrlo je velika.

Pod strojem za obradu (mašinom alatkom) razumije se stroj na kome se vrši mehanička obrada nekoga predmeta. Prema vrsti strojne obrade koja se vrši na stroju za obradu, svaki stroj ima i svoje bliže ime, na primjer: tokarski stroj, glodalica, bušilica itd.

Pod brzinom rezanja razumije se brzina rezanja materijala kojom oštrica alata za rezanje (noža za

tokarenje) siječe (reže) materijal s predmeta koji se obradjuje. Brzina rezanja označava se znakom »V« (m/min*).

Pod ukupnim vremenom strojne obrade razumije se vrijeme strojne obrade koje se utroši za djelomičnu ili potpunu strojnu obradu jednog ili više komada istih predmeta. Ako se obradjuje samo jedan komad nekoga predmeta onda je i ukupno vrijeme strojne obrade samo za jedan komad. Ukupno vrijeme strojne obrade se označava oznakom: »Tu«.

Pod komadnim vremenom strojne obrade razumije se vrijeme strojne obrade koje se utroši za djelomičnu ili potpunu strojnu obradu samo jednog komada nekoga predmeta. Komadno vrijeme strojne obrade se označava oznakom: »Tk«.

Pod temeljnim vremenom strojne obrade razumijeva se vrijeme strojne obrade koje se utroši na čisto rezanje suviška materijala i na ostale sporedne radnje u vezi sa strojnom obradom, kao za stezanje komada u stroju, podešavanje reza, mjerenje, skidanje komada sa stroja itd. Osnovno vrijeme strojne obrade se označava oznakom: »to«.

Pod glavnim vremenom strojne obrade razumije se vrijeme strojne obrade koje se utroši samo za rezanje materijala. Glavno vrijeme strojne obrade se označava oznakom: »tg«.

Pod uzgrednim vremenom strojne obrade razumije se vrijeme strojne obrade koje se utroši samo na uzgredne radnje, kao za stezanje komada u stroju, mjerenje, pokretanje i zaustavljanje stroja, skidanje komada sa stroja itd. Uzgredno vrijeme strojne obrade se označava oznakom: »ts«, a ono je jedno za sve vrijeme izrade.

*) Čitaj: metara na minut.

Pod izgubljenim vremenom strojne obrade razumije se vrijeme strojne obrade koje se utroši na lične potrebe radnika, prijem posla, vodjenje diskusije s rukovodiocem o radnom procesu strojne obrade, predaja posla po završenoj strojnoj obradi i dr. Izgubljeno vrijeme strojne obrade se označuje oznakom: »ti«.

Pod pripremnim vremenom strojne obrade razumije se vrijeme strojne obrade koje se utroši na pripremanje stroja za obradu i alata za rad. Pripremno vrijeme strojne obrade se označuje oznakom: »tp«.

Pod pomakom razumije se veličina pomicanja u mm (milimetrima) za koliko se pomiče oštrica alata (tokarskog noža) za jedan okret komada koji se obradjuje, ili pomicanje komada za svaki radni hod, kako bi se osiguralo neprekidno rezanje materijala. Pomak se označuje oznakom: »s«.

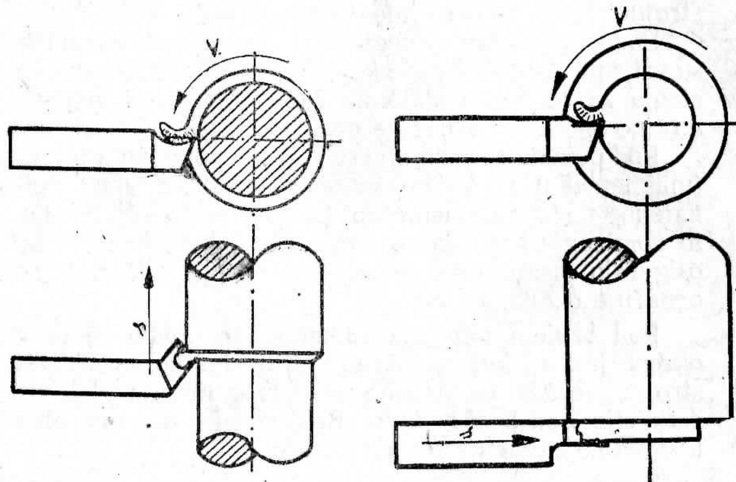
Pod brojem okretaja razumije se koliko se puta okrene komad koji se obradjuje ili alat kojim se vrši strojna obrada za vrijeme od jednog minuta. Ista je definicija i za broj hodova. Broj okreta, odnosno broj hodova se označuje oznakom: »n«.

PRINCIP RADA STROJEVA ZA OBRADU

Svaki stroj za obradu, koji služi za mehaničku obradu nekoga predmeta, vrši ili samo jedno gibanje za vrijeme radnog procesa kao na primjer, stroj za dubljenje putem provlačenja, ili dva gibanja, kao na primjer: tokarski stroj, glodalica, bušilica, brusilica i dr. Kod strojeva koji izvode dvojako gibanje (za vrijeme radnog procesa) obično je jedno gibanje glavno a drugo uzgredno.

Princip rada tokarskog stroja (drebanka) se sastoji u tome, što glavno gibanje vrši vreteno stroja odnosno

predmet koji se obradjuje, okrećući se zajedno s vretenom stroja, a uzgredno vrši sam nož gibajući se uzdužno ili poprijeko u odnosu na predmet koji se obradjuje (slike 1 i 2).



Slika br. 1
Uzdužno tokarenje

Slika br. 2
Ravno (poprečno) tokarenje

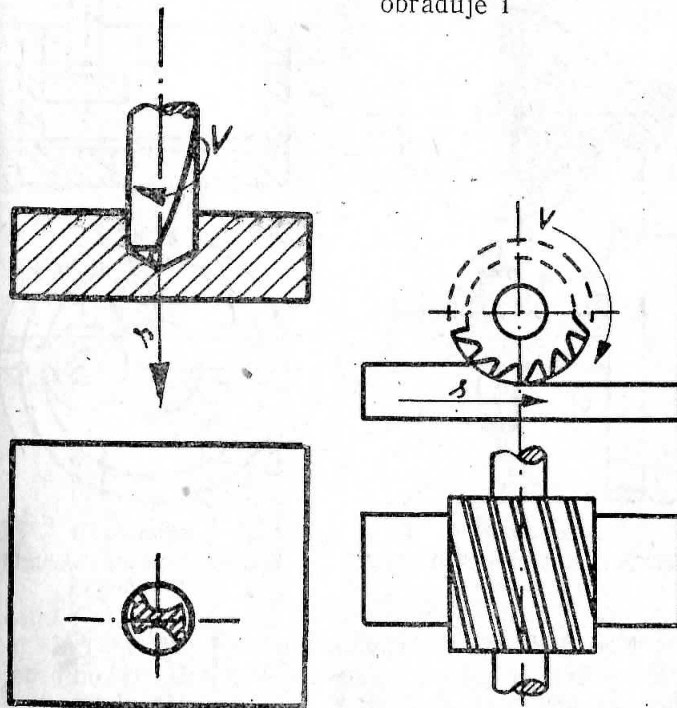
Princip rada bušilice (»bormašine«) se sastoji u tome, sto i glavno i sporedno gibanje vrši vreteno svrdla (vreteno na kome je učvršćena brugija), koje se istovremeno okreće , i pomiče uzduž svoje vlastite osovine (sl. 3).

Prinzip rada glodalice (»frez-mašine«) se sastoji u tome, što glavno gibanje vrši glodalo, a uzgredno vrši stol stroja, odnosno komad koji se obradjuje (sl. 4).

Princip rada brusilice (»šlajf-mašine«) za brušenje okruglih predméta se sastoji u tome, što se za vrijeme rada stroja vrše tri vrste gibanja:

1) glavno gibanje (kružno gibanje brusa);

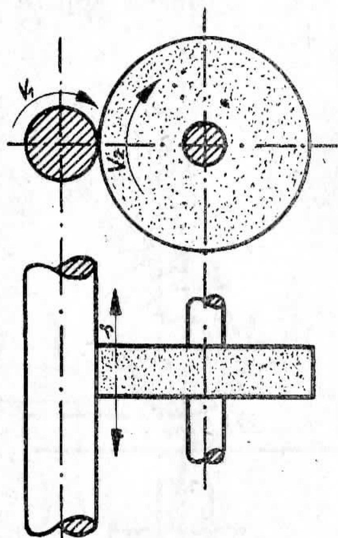
2) lagano kružno gibanje predmeta koji se obrađuje i



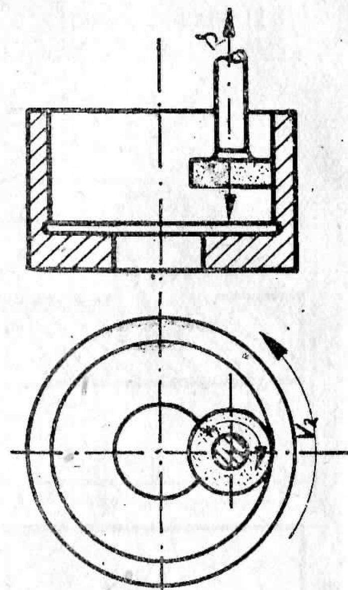
Slika br. 3
Princip rada bušilice

Slika br. 4
Princip rada obične glodalice

3) uzgredno gibanje koje vrši sam brus, pomičući se uzduž predmeta (sl. 5 i 6).

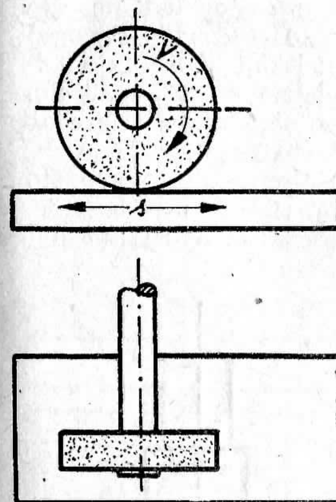


Slika br. 5
Vanjsko brušenje okruglih predmeta

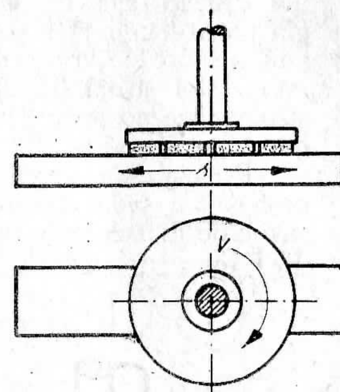


Slika br. 6
Vanjsko brušenje okruglih predmeta

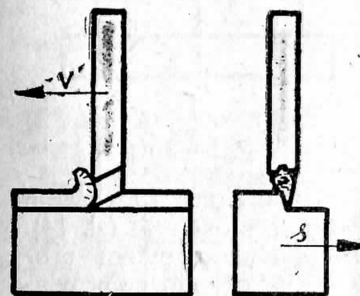
Kod brusilica za ravno brušenje princip rada se sastoji ili iz tri gibanja, kao što je to opisano kod brusilica za brušenje okruglih predmeta, ili iz glavnog gibanja, koje vrši brus svojim kružnim gibanjem i uzgrednog gibanja, koje (u većini slučajeva) vrši stol stroja, odnosno predmet koji se obrađuje (sl. 7 i 8).



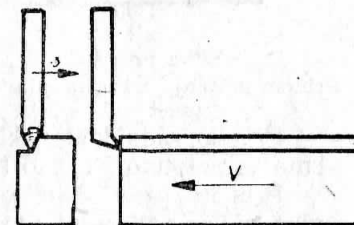
Slika br. 7
Ravno brušenje s običnim brusom



Slika br. 8
Ravno brušenje sa segmentnim brusom



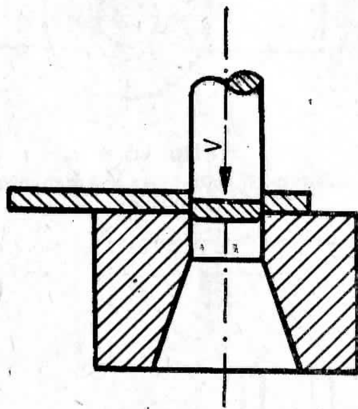
Slika br. 9
Princip rada kratkog struga (šepinga)



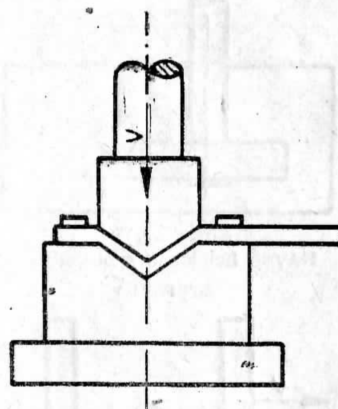
Slika br. 10
Princip rada dugačkog struga (hobl.mašine)

Princip rada rendisaljke se sastoji u tome, što glavno kretanje vrši (kod kratke rendisaljke-šepinga) nož, a sporedno vrši sam komad koji se obrađuje, odnosno stol stroja (sl. 9) ili glavno gibanje vrši stol stroja odnosno predmet koji se obrađuje a uzgredno gibanje vrši nož (sl. 10) (kao kod struga).

Princip rada ekscentar-prese se sastoji u tome, što probojac u svom ravnocrtnom gibanju vrši bušenje, savijanje ili izvlačenje raznih predmeta od lima (sl. 11, 12 i 13).



Slika br. 11
Princip bušenja na ekscentar-presi

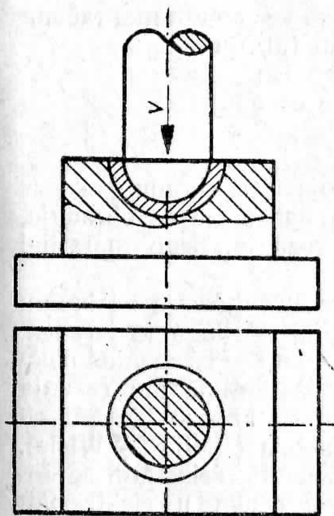


Slika br. 12
Princip savijanja na ekscentar-presi

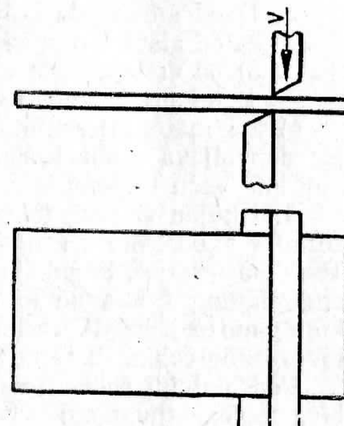
Princip rada kod nekih strojnih škara za rezanje lima je potpuno isti kao i kod ekscentar-prese (sl. 14).

Princip rada dubilice za dubljenje putem provlačenja se sastoji u tome da se sijekući alat za provlačenje (mandrin) kojim se reže provlači kroz otvor predmeta koji se obrađuje (sl. 15).

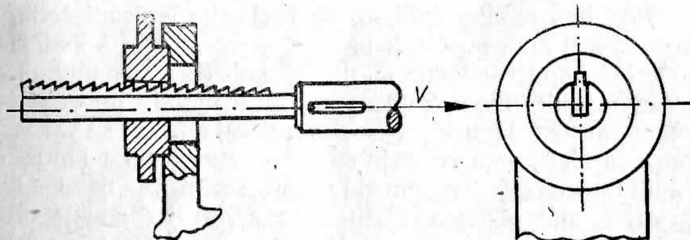
Prilikom određivanja vremena strojne obrade putem proračuna mora se točno razlikovati glavno i



Slika br. 13
Princip izvlačenja na ekscentar-preši



Slika br. 14
Princip rezanja na strojnim škarama



Slika br. 15
Princip rada dubilice (stroj za obradu povlačenjim)

sporedno gibanje strojeva za obradu, jer samo od toga zavisi da li će rezultat proračuna biti točan ili ne.

BRZINA REZANJA

Brzina rezanja, koja je ranije već definirana, računa se obično u metrima na minut (m/min).

Brzina rezanja praktično zavisi:

1) od materijala koji se obrađuje;
2) od alata kojim se reže;
3) od vrste obrade i
4) od suvremenosti strojeva za obradu.

Mekši materijal se mnogo lakše i brže obrađuje, jer dozvoljava veću brzinu rezanja, nego materijal koji ima veću tvrdoću.

Alat kojim se reže također ima utjecaja na brzinu rezanja s obzirom na materijal od koga je izrađen. Tako, na primjer, tokarski nož, koji je izrađen od običnog alatnog čelika ne može izdržati brzinu rezanja koju može izdržati, recimo, nož koji je izrađen od brzoreznog čelika ili tvrdog metala (Vidija — Widia).

Pod alatnim čelikom se razumije čelik koji se dobiva oplemenjivanjem sirovog čelika u električnim pećima. Kako je ugljik (C) glavni sastavni deo alatnog čelika to se on zove još i ugljični čelik. Sadržaj ugljika kod alatnog čelika varira između 0,8 i 1,5%.*

Pod brzoreznim čelikom se razumije legirani čelik, koji sadrži mali postotak ugljika — ispod 1%, a sadrži još i hroma, volframa, nikla, kobalta, vanadiuma, mangana itd. Dodatkom spomenutih metala povećava se otpornost legure prema temperaturi, te se zbog toga sa alatom za rezanje od brzoreznog čelika i može raditi sa mnogo većom brzinom rezanja. Tako na primjer, dok oštrica alata za rezanje izrađenog od

* Uzeto prema knjizi: »Alat i mašine alatke« od ing. E. Matića.

brzoreznog čelika, može izdržati u radu i pri temperaturi od 600° C, dotle bi oštrica alata za rezanje izrađenog od običnog alatnog čelika, već kod temperature od 200° C bila oštećena.

Pod tvrdim metalom (vidijom) se razumije specijalna tvrda legura hroma, kobalta, titana, volframa itd. sa ugljikom (metal-karbid). To je najčešće legura bez željeza, a proizvodi se na taj način što se samljeveni dijelovi navedenih metala pomiješaju s karbidima i peku. Tvrdi metal zadržava tu tvrdoću u radu i na temperaturi od 800 do 900° C i dozvoljava oko 5 do 6 puta veću brzinu rezanja od brzoreznog čelika.

Način obrade isto tako utječe na brzinu rezanja na taj način što gruba obrada (obrada koja se vrši sa velikim presjekom reza) zahtjeva manju brzinu rezanja od fine obrade, koja se izvodi s malim presjekom reza.

Pored toga, na brzinu rezanja ima utjecaja i konstrukcija samog stroja za obradu, tj. na svakom stroju za obradu se može raditi samo s onom najvećom brzinom rezanja koju stroj za obradu, s obzirom na njenu konstrukciju, može razviti, a ne s većom brzinom rezanja koju, možda, zahtjeva sam materijal za obradu ili alat za rezanje.

Brzina rezanja se približno može uzeti prema tablici br. 1 (str. 16).

Za razvrtanje (rajbovanje) uzima se brzina rezanja za jednu trećinu (1/3) manja nego što je brzina rezanja pri tokarenju s nožem od običnog alatnog čelika.

Pri brušenju se ne može govoriti o nekoj brzini rezanja, kao kod prethodnih strojeva za obradu, već je ispravnije govoriti o obodnoj brzini brusa i obodnoj brzini predmeta koji se obrađuje. Dok se pri brušenju

Tablica 1

Vrsta obrade		Lijevano željezo	Običan leg.čelik	Bronza i mesing	Laki metali	Fiber i tekstolit
Tokarenje	I	6—18	7—20	15—28	—	—
	II	15—24	15—24	20—40	200—500	—
	III	50—120	70—300	300—400	500—1000	—
Rezanje na stroju za tokarenje	I	5—8	4—10	12—15	—	—
	II	15—18	9—18	18—22	150—300	—
	III	50—70	30—90	200—300	300—600	70—90
Bušenje	I	8—12	7—18	16—22	—	—
	II	16—24	12—30	20—35	60—100	20—50
	III	30—70	20—90	100—200	200—400	60—80
Rezanje (frezovanje)	I	10—16	9—22	25—40	—	—
	II	25—40	15—50	45—70	500—1000	—
	III	70—120	25—150	200—350	1000—1500	250—600
Rezanje (ozubljenje)	I	9—12	8—16	20—40	—	—
	II	15—20	11—24	40—60	—	15—35
	III	—	—	—	—	—
Blanjanje struganje	I	8—10	8—12	10—12	—	—
	II	10—15	10—16	15—25	25—40	—
	III	25—40	20—40	25—40	25—40	60—80
Izrada nareza sa češljem	I	5—8	5—12	10—15	—	—
	II	10—15	10—18	18—22	100—200	40—100
	III	20—30	35—60	150—200	200—400	50—120
Izrada nareza sa burgijom za nareze	I	2—5	2—6	6—8	—	—
	II	4—8	4—10	8—12	40—60	25—60
	III	—	—	—	—	—
Sječenje pilom	I	20—25	7—25	100—200	120—500	—
	II	20—35	15—40	200—300	300—1000	—
	III	30—60	25—80	200—300	300—1000	900—1500
Dubljenje provlačenje)	I	1,7—2	0,8—2	1,7—2	2—4,5	—
	II	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—

I = Alat za rezanje od običnog alatnog čelika.
II = Alat za rezanje izrađen od brzoreznog čelika (rapid).
III = Alat za rezanje izrađen od tvrdog metala (vidija).

obodna brzina predmeta uzima, kao i ranije, u m/min, dotle se obodna brzina brusa uzima u m/sek.

Obodna brzina brusa, kao i obodna brzina predmeta koji se obrađuje, mogu se uzeti približno prema tablici br. 2.

Mora se voditi računa da brzina rezanja nema stalnu (konstantnu) vrijednost kod svih strojeva za obradu, već je promjenljiva kao, na primjer kod blanjalice (šepinga).

Obično se vrijednost brzine rezanja mijenja u granicama od nule i raste do maksimuma i onda opada do nule. Zbog toga se kod ovakovih strojeva, kod kojih je brzina rezanja promjenljiva mora računati sa srednjom brzinom rezanja, koja se označuje oznakom: »Vs«.

Tablica 2

Obodna brzina			Debljina reza mm	Pomak brusa
Predmet za obradu		Brus m/sek		
do 50 mm m/min	do 150 mm m/min			
10—12	15	25—35	0,01—0,05 i	1/2—3/4
12—15	18—20	25	0,01—0,1	3/4—5/6 od širine brusa

POMAK

Određivanje veličine pomaka kojim se radi na stroju za obradu ovisi o materijalu koji se obrađuje, od vrste alata za rezanje (tj. da li je alat izrađen od običnog alatnog čelika, brzoreznog čelika ili od tvrdog

metala), od vrste obrade (da li se vrši gruba ili fina obrada). Na primjer: za finu obradu treba uzeti manji pomak nego za grubu obradu; onda za obradu koja se vrši sa većom brzinom rezanja uzima se manji pomak nego za manji brzinu rezanja.

Pomak se obično kreće od 0,08 do 10 mm, a uzima se na slijedeći način:

1) 0,05 do 4 mm/o za tokarenje;
2) 0,08 do 1 mm/o za bušenje i obradu na glodalici (frezovanje);
3) 0,2 do 3 mm/h za struganje i
4) $^1/_2$ do $^9/_{10}$ širine brusa za brušenje.

Sve strojeve za obradu u smjeru pravocrtnog glavnog gibanja kao, na primjer, dugački strug (hoblmašina), kratki strug (šeping) itd. imaju promjenljivu brzinu rezanja.

Naročito je važno pronaći srednju brzinu rezanja »Vs« kod onih strojeva za obradu čiji je prazan hod brži od radnog hoda, kao što je kratki strug, kod kojeg se pogon alata vrši mehaničkim putem (pomoću ekscentra).

Srednja brzina rezanja se obično računa po formuli:

1) $$Vs = \frac{V \times max}{2\,L}\ m/min$$

Važi za strojeve s jednakom brzinom praznog i radnog hoda, gdje je:

Vs = srednja brzina rezanja (m/min);
V max = maksimalna brzina rezanja (m/min) i
2 L = dva hoda (radni i prazni hod).

$$Vs = \frac{V_1 + V_2}{2}\ m/min$$

Važi za strojeve sa nejednakom brzinom radnog i praznog hoda, gdje je:

Vs = srednja brzina rezanja (m/min);
V_1 = maksimalna brzina radnog hoda (m/min) i
V_2 = maksimalna brzina praznog hoda (m/min).

IZRAČUNAVANJE BRZINE REZANJA KOD STROJEVA ZA OBRADU

U praksi se razlikuju dvije brzine rezanja. Jedna ovisi o materijalu koji se obrađuje i alata za rezanje kojim se materijal obrađuje. Ova brzina rezanja se može uzeti približno prema tablici broj 1.

Druga brzina rezanja dobija se na stroju za obradu u ovisnosti od njene konstrukcije.

Radni proces strojne obrade može se izvesti samo s onom brzinom rezanja koju stroj za obradu može da razvije, a koja je po vrijednosti samo približna onoj brzini rezanja koju zahtjeva sam materijal za obradu odnosno materijal alata za rezanje.

Izračunavanje brzine rezanja kod strojeva za obradu vrši se na slijedeći način:

1) kod tokarskog stroja se brzina rezanja računa po formuli: $$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000}\ m/min$$

gdje je:

V = brzina rezanja (m/min);
d = promjer komada koji se obrađuje u mm (milimetrima);
π = 3,14 i
n = broj okreta komada koji se obrađuje na minut (o/min).

Bezimeni broj 1000 je uzet u gornjem obrascu zato da bi se brzina rezanja dobila u metrima na minut (m/min).

Iz navedene formule za brzinu rezanja kod tokarskog stroja može se izračunati, ako je poznata brzina rezanja, još i broj okreta komada koji se obrađuje po formuli:

$$n = \frac{1000 \times V}{d \times \pi} \text{ o/min}$$

Primjer — Ako se čelična osovina promjera d = 80 mm pri obradi na tokarskom stroju obrće sa 120 okreta u minutu, kolika je onda brzina rezanja V u metrima na minut?

Riješenje:

Brzina rezanja kod tokarskog stroja je:

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000} = \frac{80 \times 3{,}14 \times 120}{1000} =$$

$$= \frac{251{,}2 \times 120}{1000} = \frac{30144{,}0}{1000} = \sim 30{,}14 \text{ m/min}$$

Primjer — S kojim brojem okreta treba da se okreće vreteno tokarskog stroja, odnosno predmet koji se obrađuje, ako mu je promjer d = 100 mm, a brzina rezanja V = 20 m/min?

Riješenje:

Broj okreta kod tokarenja je:

$$n = \frac{1000 \times V}{d\, \pi} = \frac{1000 \times 20}{100 \times 3{,}14} = \frac{200}{3{,}14} = \sim 64 \text{ o/min}$$

2) kod glodalice se brzina rezanja V računa po formuli:

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000} \text{ m/min}$$

gdje je:

V = brzina rezanja u m/min;
d = promjer glodača u mm;
π[1]) = 3,14 i
n = broj obrta glodača na minut (o/min).

3) kod bušenja se brzina rezanja obračunava po formuli:

$$V = \frac{d \times \pi \times n}{1000} \text{ m/min}$$

gdje je:

V = brzina rezanja u m/min;
d = promjer svrdla (burgije) u mm;
π = 3,14 i
n = broj okreta burgije na minut (o/min).

4) kod struganja se brzina rezanja izračunava po formuli:

$$Vs = \frac{2H \times n}{1000} \text{ m/min}$$

gdje je:

Vs = srednja brzina rezanja u m/min;
H = dužina hoda u min i
n = broj radnih hoda na minut (h/min).

$$H = 1 + 2l_1$$

gdje je:

H = dužina hoda u mm;
l = dužina komada u mm i
l_1 = razmak noža od komada u mm

l_1 se dodaje dužini komada (predmetu koji se obrađuje) dvostruko, jer se nož mora udaljivati od komada na oba kraja komada.

1) π je grčko slovo pi (Ludolfov broj) koji iznosi 3,14.

PODJELA RADNOG VREMENA STROJNE OBRADE*)

Radno vrijeme strojne obrade može se podijeliti na: 1) pripremno — završno vrijeme; 2) osnovno (tehnološko) vrijeme; 3) pomoćno vrijeme i 4) vrijeme posluživanja radnog mjesta.

Pripremno-završno vrijeme

Pod pripremno-završnim vremenom razumije se vrijeme koje radnik utroši na početno upoznavanje s radom i crtežom, na pripremu radnog mjesta (udešavanje stroja i alata) na skidanje alata i pribora, na popunjavanje formulara i sl.

Karakteristika pripremno-završnog vremena je u tome što se ono utroši jedanput za cijelu partiju (seriju) proizvoda, koji se izrađuje bez prekida i što ne ovisi o broju komada.

Osnovno (tehnološko vrijeme)

Pod osnovnim (tehnološkim) vremenom razumije se vrijeme koje se utroši na neposredno ostvarenje cilja tehnološkog procesa: 1) izmjenu oblika, dimenzije i površine predmeta koji se obrađuje (tokarenje, bušenje, struganje, brušenje); 2) promjenu stanja i oblika metala (kovanje, prešanje, ljevanje itd.); 3) izmjenu strukture i mehaničkih svojstava metala (termička obrada) i 4) izmjenu vanjštine metala (poliranje, bojenje i t. sl. Osnovno (tehnološko) vrijeme može da bude strojno, strojno — ručno ili samo ručno, što zavisi od toga čime se ostvaruje sam tehnološki proces.

*) Po podacima iz knjige: »Osnovi tehničkog normiranja u gradnji mašina« od Punskog.

Pomoćno vrijeme

Pod pomoćnim vremenom razumije se vrijeme koje radnik utroši na radnje koje se ponavljaju bilo pri svakoj izradi, bilo pri određenom njihovom broju (količini), bez kojih se ne može izvršiti osnovni (tehnološki) rad.

Ovamo spada vrijeme koje se utroši za namještanje i skidanje predmeta sa stroja, pokretanje i zaustavljanje stroja, mjerenje udešavanje reza itd. Sve je to pomoćno vrijeme koje također može da bude ručno, strojno-ručno ili samo strojno. Ovo poslednje dolazi u obzir samo pri radu na automatima.

Zbrajanjem temeljnog (tehnološkog) vremena i pomoćnog vremena dobija se operativno vrijeme.

Vrijeme posluživanja radnog mjesta

Pod vremenom posluživanja radnog mjesta razumije se vrijeme koje radnik utroši na održavanju radnog mjesta. Ovdje se vrijeme troši na pripremu i čišćenje alata, podmazivanje i pregled, oštrenje i dr. Vrijeme održavanja radnog mjesta se dalje dijeli na tehničko i organizacijono.

Vrijeme tehničkog posluživanja radnog mjesta je vrijeme koje radnik utroši na radnom mjestu u vezi s izvršenjem date operacije. Ovamo spadaju utrošci vremena na: 1) izmjenu otupljenog alata; 2) regulisanje i udešavanje stroja za obradu, alata i pribora: 3) oštrenje alata (kad ne postoji centralizovano oštrenje) i 4) dotjerivanje alata na brusu.

Vrijeme organizacionog posluživanja radnog mjesta je vrijeme koje radnik utroši na radnom mjestu u vezi s radnom smjenom. Ovdje se vrijeme troši na: 1) razmještanje i skupljanje alata na početku i na kraju

smjene; 2) podmazivanje i čišćenje stroja; 3) čišćenje od strugotina i 4) predaje smjene.

NAČIN ODREĐIVANJA VREMENA STROJNE OBRADE

Radi lakšeg i jednostavnijeg izračunavanja vremena strojne obrade u ovom priručniku je usvojen slijedeći raspored utroška vremena strojne obrade:

1) glavno vrijeme strojne obrade tg, koje po prethodnoj podjeli radnog vremena odgovara osnovnom (tehnološkom) vremenu;

2) sporedno vrijeme strojne obrade ts, koje po prethodnoj podjeli odgovara pomoćnom vremenu i

3) izgubljeno vrijeme strojne obrade ti, koje po prethodnoj podjeli odgovara približno zbiru pripremno-završnog vremena i vremena posluživanja radnog mjesta.

Samo određivanje vremena strojne obrade vrši se uglavnom na dva načina:

1) Izračunavanjem komadnog vremena strojne obrade: »Tk«, koje se sastoji u tome, što se najprije izračunaju pojedini dijelovi vremena strojne obrade kao: glavno vrijeme tg, sporedno vrijeme ts i izgubljeno vrijeme ti, a zatim zbrajanjem (dobijenih vrijednosti za pojedina vremena) dobija se komadno vrijeme strojne obrade. Komadno vrijeme strojne obrade Tk se izračunava po slijedećoj formuli:

$$Tk = tg + ts + ti \text{ min}$$

gdje je:

Tk = komadno vrijeme strojne obrade u min (minutima)
tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
ts = sporedno vrijeme strojne obrade u min i
ti = izgubljeno vrijeme strojne obrade u min.

2) Izravnim mjerenjem osnovnog vremena strojne obrade »to«. Ovo mjerenje temeljnog vremena strojne obrade se vrši u samoj radionici za vrijeme rada stroja za obradu (dakle, za vrijeme radnog procesa strojne obrade). Samo mjerenje se vrši ili običnim satom ili bolje štopericom (gdje ona postoji).

Kako se temeljno vrijeme strojne obrade sastoji iz glavnog vremena strojne obrade tg i sporednog vremena strojne obrade ts, to je formula za temeljno vrijeme strojne obrade:

$$to = tg + ts \text{ min}$$

gdje je:

to = temeljno vrijeme strojne obrade u min;
tg = glavno vrijeme strojne obrade u min i
ts = sporedno vrijeme strojne obrade u min.

Kod drugog načina određivanja vremena strojne obrade komadno vrijeme strojne obrade izračunava se po slijedećoj formuli:

$$Tk = to + ti \text{ min}$$

Ako se u ovoj formuli temeljno vrijeme strojne obrade to zamijeni sa tg + ts, onda se opet dobija formula za izračunavanje komadnog vremena strojne obrade, koji je isti kao i formula kod prvog načina i koji glasi:

$$Tk = tg + ts + ti \text{ min.}$$

Glavno vrijeme strojne obrade »tg«

Glavno vrijeme strojne obrade je, kao što smo vidjeli, vrijeme koje se utroši na čistu strojnu obradu (vrijeme — rezanja materijala u obliku strugotine), a to je jedini dio vremena strojne obrade koji se može najtočnije određivati. Glavno vrijeme strojne obrade ovisi o materijalu koji se obrađuje, o suvremenosti

stroja za obradu i od alata za rezanje kojim se vrši strojna obrada. Tako, na primjer ukoliko je materijal predmeta koji se obrađuje mekši, stroj za obradu suvremenije konstrukcije i alat izrađen od boljeg alatnog čelika, utoliko će se manje vremena utrošiti za strojnu obradu, jer se onda može raditi većom brzinom rezanja. Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade vrši se po općoj formuli:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} \min$$

gdje je:
tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
s = pomak u mm na jedan okret odnosno na jednom hodu;
n = broj okreta odnosno radnih hodova na min i
L = radna dužina u mm

Uzgredno vrijeme strojne obrade: »ts«

Pored glavnog vremena strojne obrade tg, koje se izračunava po navedenoj formuli, treba određivati još i uzgredno vrijeme strojne obrade ts.

Kao što je već rečeno, uzgredno vrijeme strojne obrade je vrijeme utrošeno na uzgredne radnje, koje se moraju obaviti kako bi se mogla izvršiti strojna obrada nekoga predmeta. Te uzgredne radnje su: stezanje komada (stezanje materijala) u stroj, pokretanje i zaustavljanje stroja, udešavanje reza, mjerenje, skidanje komada sa stroja po završenoj obradi itd.

Uzgredno vrijeme strojne obrade se ne može određivati po nekoj utvrđenoj formuli kao što se, recimo, određuje glavno vrijeme strojne obrade tg, jer se uvjeti (na istom stroju za obradu) za obradu različitih

predmeta stalno mijenjaju i različiti su za različite predmete. Zbog toga se u praksi i dešava da se pri strojnoj obradi različitih predmeta (na istom stroju) utroši i različito uzgredno vrijeme ts.

Praktično, uzgredno vrijeme strojne obrade ovisi:
1) o veličini i težini predmeta koji se obrađuje;
2) o prostornom obliku predmeta koji se obrađuje;
3) o točnosti izrade samih predmeta koji se obrađuju;
4) o stroju za obradu i
5) o radniku koji radi na stroju.

Iz navedenoga jasno se vidi, da će uzgredno vrijeme strojne obrade biti utoliko veće, ukoliko su predmeti koji se obrađuju teži i veći, jer se teže prenose i teže nameštaju na samom stroju za obradu te je zbog toga za obradu potrebno više vremena.

Ukoliko su predmeti koji se obrađuju komplikovanijeg prostornog oblika, utoliko su nezgodniji za rad i mora se utrošiti više vremena za njihovu obradu.

Ukoliko se traži veća točnost strojne obrade (tj. ukoliko predmeti moraju biti što točnije izrađeni), utoliko se mora više vremena utrošiti za obradu.

Ukoliko je stroj za obradu starije konstrukcije (nesuvremen) i teži za rukovođenje, utoliko će biti potrebno više vremena za strojnu obradu koja se na njoj vrši.

I najzad, ukoliko je lošiji radnik koji radi na stroju za obradu, utoliko će mu za strojnu obradu biti potrebno više vremena.

Iz svega navedenoga jasno se vidi, da se uzgredno vrijeme strojne obrade uopće ne može izračunati po nekoj formuli, već se može i mora određivati prostom ocjenom ili na osnovu empiričkih tablica, ukoilko takove tablice postoje (tablice sastavljene na temelju re-

zultata koji je dobijen promatranjem i zapisivanjem za vrijeme radnog procesa strojne obrade).

Pri određivanju uzgrednog vremena strojne obrade jednostavnom ocjenom, kako se u većini slučajeva i radi, mora se uvijek imati na umu okolnost pod kojom se obavlja radni proces strojne obrade. Radi što lakšeg određivanja (ocjenjivanja uzgrednog vremena strojne obrade), mora se najprije procijeniti uzgredno vrijeme za svaku uzgrednu radnju posebno, pa tek onda treba zbrojiti vrijeme za sve uzgredne radnje zajedno. Dobivena brojka je uzgredno vrijeme strojne obrade »ts«, koje se traži.

Sporedno vrijeme strojne obrade za sve strojeve za obradu određuje se na isti način, jer se na svima strojevima za obradu obično obavljaju iste uzgredne radnje kao:

1) stezanje komada u stroju;
2) podešavanje reza;
3) vraćanje noža (ili stola stroja);
4) puštanje i zaustavljanje stroja;
5) mjerenje i
6) skidanje komada sa stroja.

Razlika između pojedinih strojeva može biti samo utoliko da jedan stroj za obradu ima veći broj uzgrednih radnji od drugog.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade: »ti«

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je vrijeme koje radnik utroši na svoje lične potrebe, na poslovni razgovor sa rukovodiocem, oko prijema i predaje dovršenog posla i dr. Drugim riječima, izgubljeno vrijeme strojne obrade ti ovisi uglavnom o organizaciji poduzeća, odjeljenja i radnog mjesta. Ukoliko je bolja organizacija poduzeća odnosno radnog mjesta, utoliko će i izgubljeno vrijeme strojne obrade biti manje.

Određivanje izgubljenog vremena strojne obrade »ti« vrši se na taj način što se izgubljeno vrijeme strojne obrade uzima u postocima (%) od glavnog vremena strojne obrade tg. Dakle, izgubljeno vrijeme strojne obrade ovisi samo o glavnom vremenu strojne obrade i stoji sa njim u proporcijonalnom odnosu.

U dobro organizovanim poduzećima se izgubljeno vrijeme strojne obrade uzima 10—25%, a u slabije organizovanim poduzećima i u manjim radionicama 20—30% od glavnog vremena strojne obrade tg.

Način određivanja vremena strojne obrade

Način određivanja vremena strojne obrade nekoga predmeta je ovaj:

1) izračunavanje glavnog vremena strojne obrade »tg«;
2) određivanje (ocjenjivanje) uzgrednog vremena strojne obrade »ts«;
3) izračunavanje izgubljenog vremena strojne obrade »ti«;
4) izračunavanje (zbrajanjem) komadnog vremena strojne obrade »Tk« po formuli:

$$Tk = tg + ts + ti \text{ min}$$

Ukoliko se predmeti izrađuju u seriji (više komada) treba izračunati još i ukupno vrijeme strojne obrade »Tu« po formuli:

$$Tu = NTk \text{ min}$$

gdje je:

Tu = ukupno vrijeme strojne obrade u min;
Tk = komadno vrijeme strojne obrade u min i
N = broj komada u seriji.

II — DIO

IZRAČUNAVANJE VREMENA STROJNE OBRADE SA PRIMJERIMA

OBRADA NA TOKARSKOM STROJU

Pri izračunavanju vremena strojne obrade pri tokarenju mora se voditi računa o vrsti tokarenja, tj. treba voditi računa da li se ima posla sa uzdužnim ili poprečnim (ravnim) tokarenjem. O vrsti tokarenja se mora voditi računa radi toga što se za svaku vrstu tokarenja na drugi način izračunava dužina tokarenja.

Uzdužno tokarenje:

Pod uzdužnim tokarenjem razumije se vrsta tokarenja kod kojeg se nož pomiče uzduž samoga predmeta, koji se obrađuje (dakle nož se pomiče paralelno s uzdužnom osovinom predmeta).

Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod uzdužnog tokarenja vrši se po formuli:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} \text{ min}$$

gdje je
- tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
- i = broj reza;
- L = dužina tokarenja u mm;
- s = pomak u mm/o i
- = broj okreta o/min (komada koji se obrađuje u minutu).

Primjer — Obraditi uzdužnim tokarenjem 60 kom. čeličnih osovina (sl. 16) iz dva reza s tokarskim nožem od brzoreznog (rapidnog) čelika. Promjer osovine je d = 120 mm, dužina L = 2000 mm i pomak s = 2 mm

Treba naći:
a) glavno vrijeme strojne obrade — — — — tg;
b) uzgredno vrijeme strojne obrade — — — ts;
c) izgubljeno vrijeme strojne obrade — — — ti;
d) komandno vrijeme strojne obrade — — — Tk
e) ukupno vrijeme strojne obrade — — — — Tu.

Riješenje:

Najprije treba iz tablice br. 1 uzeti brzinu rezanja za tokarenje s nožem od brzoreznog čelika, neka je to, na primjer, V = 30 m/min, a zatim iz brzine rezanja izračunati broj okreta komada po formuli:

$$n = \frac{1000 \times V}{d \times \pi} = \frac{30 \times 1000}{120 \times 3{,}14} = \frac{30000}{376{,}8} = \sim 80 \text{ o/min}$$

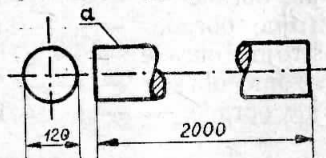
Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} = \frac{20 \times 2000}{2 \times 80} = \frac{200}{8} = 25 \text{ min po kom.}$$

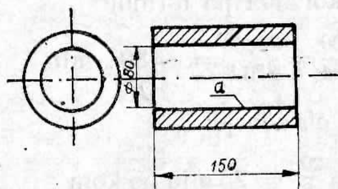
Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts =	za stezanje komada u stroj —	0,7 min
	za pokretanje i zaustavljanje stroja — — — — —	0,3 min
	za udešavanje reza — — — —	0,5 min
	za mjerenje — — — — — — —	0,8 min
	za skidanje komada sa stroja — — — — — — —	0,3 min
	svega ts =	2,6 po kom.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:
$ti = 0,25\ tg = 0,25 \times 25 = 6,25$ min
Komadno vrijeme strojne obrade je:
$Tk = tg + ts + ti = 25 + 2,6 + 6,25 = 33,85$ min
Ukupno vrijeme strojne obrade za 60 komada je:
$Tu = 60\ Tk = 60 \times 33,85 = 2031,00$ min



Slika br. 16
Čelična osovina, koju treba obraditi uzdužnim tokarenjem po površini: a



Slika br. 17
Šuplji valjak, kojeg treba obraditi uzdužnim tokarenjem površini: a

Drugi primjer — na tokarskom stroju treba uzdužnim tokarenjem iz tri reza proširiti brončani šuplji valjak (sl. 17) dužine $l = 150$ mm, sa promjera $d = 60$ mm na promjer $d_1 = 80$ mm. Izračunati komadno vrijeme strojne obrade za pomenuti šuplji valjak, ako se obrada vrši sa brzinom rezanja od $V = 40$ m/min i pomakom $s = 0,5$ mm. Nož kojim se vrši obrada je izrađen od brzoreznog čelika

Riješenje:

Broj okretaja je:

$$n = \frac{1000 \times V}{dl \times \pi} = \frac{1000 \times 40}{80 \times 3,14} = \frac{1000}{6,28} = \sim 160 \text{ o/min}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} = \frac{3 \times 150}{0,5 \times 160} = \frac{45}{0,5 \times 16} = \frac{45}{8} = \sim 5,6 \text{min}$$

Sporedno vrijeme strojne obrade je:

ts =	za stezanje komada u stroj — — — —	0,4 min
	za pokretanje i zaustavljanje stroja —	0,4 min
	za vraćanje noža i udešavanje reza —	1,2 min
	za mjerenje — — — — — — — — —	1,0 min
	za skidanje komada sa stroja — — —	0,2 min
	svega ts =	3,2 min

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

$ti = 0,25\ tg = 0,25 \times 5,6 = 1,4$ min

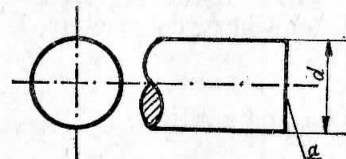
Komadno vrijeme strojne obrade je:

$Tk = tg + ts + ti = 5,6 + 3,2 + 1,4 = 10,2$ min

Ravno struganje:

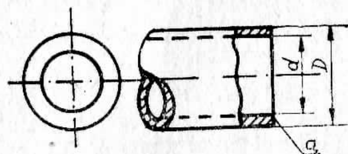
Pod ravnim struganjem razumije se vrsta struganja kod kojeg se nož pomiče okomito na uzdužnu osovinu predmeta koji se obrađuje (sl. 2).

Za određivanje vremena strojne obrade mora se voditi računa o tome da li se struže puna površina (sl. 18) prstenasta površina (sl. 19) ili kombinovana površina (sl. 20).



Slika br. 18
Kraj osovine, kojeg treba obraditi po površini: a

Kao primjer navađamo najprostije obrasce za izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod ravnog struganja:



Slika br. 19

Kraj osovine, kojeg treba obraditi po površini: a

1) $tg = \frac{i \times d}{2 \times s \times n}$ min (za struganje pune površine [sl. 18]) gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
d = promjer komada koji se obradjuje u mm;
s = pomak u mm/o (mm za 1 obrt komada) i
n = broj okretaja komada koji se obradjuje.

Primjer — na strugu poravnati oba kraja čelične osovine, čiji je promjer d = 80 mm. Oba kraja osovine obraditi iz jednog reza, sa pomakom s = 1,2 mm i sa nožem od tvrde kovine (vidije). Naći glavno vrijeme strojne obrade ako se obrada vrši brzinom rezanja za struganje sa nožem od tvrdog metala, koja je V = 80 m/min.

Riješenje:

Broj okretaja komada je:

$$n = \frac{1000 \times V}{d \times \pi} = \frac{80 \times 1000}{80 \times 3,14} = \frac{1000}{3,14} = \sim 320 \text{ o/min}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$g = \frac{1 \times d}{2 \times s \times n} = \frac{2 \times 80}{2 \times 1,2 \times 320} = \frac{1}{1,2 \times 4} = \frac{1}{4,8} \cong 0,21 \text{ min}$$

2) $tg = \frac{i (D - d)}{2 \times s \times n}$ min [za prstenastu površinu (sl. 19)] gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
D = spoljni promjer komada u mm;
d = unutrašnji promjer komada u mm;
s = pomak mm/o i
n = broj okretaja o/min.

Primjer — ravnim struganjem skratiti 40 komada brončanih šupljih odljevaka (u obliku cijevi) na mjeru skidanjem po 3 mm s oba kraja. Spoljni promjer odljevka je D = 60 mm, a unutrašnji promjer je d = 30 mm. Koliko će se utrošiti ukupno vremena strojne obrade, ako se obrada vrši iz po dva reza na oba kraja, sa pomakom s = 0,5 s nožem od brzoreznog čelika i brzinom rezanja od V = 36 m/min.

Riješenje:

Broj okretajá komada je:

$$n = \frac{1000 \times V}{D \times \pi} = \frac{36 \times 1000}{60 \times 3.14} = \frac{600}{3,14} = \sim 194 \text{ o/min}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i (D - d)}{2 s n} = \frac{4 \times (60 - 30)}{2 \times 0,5 \times 194} = \frac{2 \times 30}{0,5 \times 194} = \frac{60}{97} = \sim 0,61 \text{ min}$$

Sporedno vrijeme strojne obrade je:

$$ts = \begin{cases} \text{za stezanje komada u stroj} & 0{,}4 \text{ min} \\ \text{za pokretanje i zaustavljanje stroja} & 0{,}4 \text{ min} \\ \text{za udešavanje reza i vraćanje noža} & 0{,}3 \text{ min} \\ \text{za mjerenje} & 0{,}3 \text{ min} \\ \text{za skidanje komada s mašine} & 0{,}25 \text{ min} \end{cases}$$

svega ts = 1,65 min

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

$ti = 0{,}25\ tg = 0{,}25 \times 0{,}61 = \sim 0{,}15$ min.

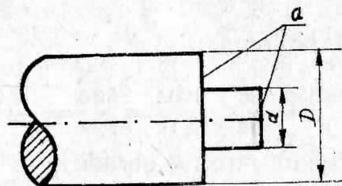
Komadno vrijeme strojne obrade je:

$Tk = tg + ts + ti + 0{,}61 + 1{,}65 + 0{,}15 = 2{,}41$ min po komadu, a za 40 komada je ukupno vrijeme strojne obrade:

$Tu = 40\ Tk = 40 \times 2{,}41 = 96{,}4$ min.

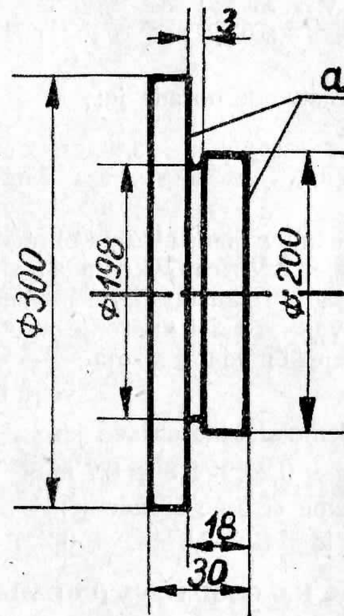
3) $tg = \frac{i \times D}{2 \times s \times n}$ min [za struganje kombinovane površine (sl. 20)] gdje je:

tg. = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
D = veći promjer komada u mm;
n = broj okretaja o/min i
s = pomak u mm/o.



Slika br. 20
Kraj osovine, koji treba obraditi ravnim tokarenjem po površini: a

Primjer — obraditi ravnim tokarenjem ploču od aluminiuma (sl. 21). Obe površine (punu i prstenastu) obra-



Slika br. 21
Okrugla ploča, koju treba obraditi ravnim tokarenjem po površinama: a

diti iz dva reza s pomakom s = 0,25 mm i s nožem od brzoreznog čelika. Ako se obrada vrši s brzinom rezanja od V = 400 m/min, koliko je onda komadno vrijeme strojne obrade?

Riješenje:
Broj okretaja komada je:

$$n = \frac{1000 \times V}{D \times \pi} = \frac{400 \times 1000}{300 \times 3,14} = \frac{4000}{9,42} = \sim 423 \text{ o/min}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times D}{2\,sn} = \frac{2 \times 300}{2 \times 0,25 \times 423} = \frac{300}{0,25 \times 423} = \frac{300}{105,7} = \sim 2,8 \text{ min}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts = { za stezanje i centriranje komada u stroju 0,9 min
za pokretanje i zaustavljanje mašine — 0,3 min
za udešavanje reza i mjerenje — — — 0,6 min
za skidanje komada sa stroja — — — — 0,2 min

svega ts = 2,0 min

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

ti = 0,25 tg = 0,25 × 2,8 = 0,7 min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:

Tk = tg + ts + ti = 2,8 + 2 + 0,7 = 5,5 min.

OBRADA NA GLODALICI (FREZMAŠINI)

Dok se kod tokarenja skoro redovito okreće sam predmet koji se obrađuje, a vrlo rijetko nož, dotle se kod glodalice redovito okreće samo glodač (freza).

Kod glodalice postoje - dva načina određivanja glavnog vremena strojne obrade s obzirom na glodač kojim se vrši obrada. Tako se za obradu s valjkastim glodačem glavno vrijeme strojne obrade izračunava po jednoj formuli, a za obradu s čeonim glodačem po drugoj formuli.

Obrada s valjkastim glodačem:

Ako se obrada na glodalici vrši valjkastim glodačem onda se glavno vrijeme strojne obrade izračunava po formuli:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} \text{ min}$$

gdje je:
tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
s = pomak u mm/o glodača;
n = broj okreta glodača;
L = radna dužina u mm

Glavni problem za izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod glodalice je odredjivanje radne dužine: »L«.

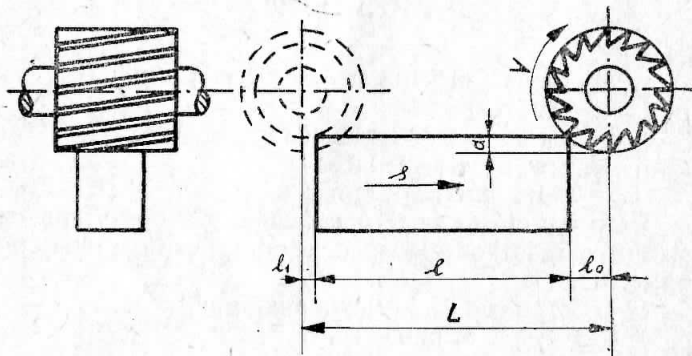
Iz sl. 22 se vidi da je radna dužina obrade:
$L = l + l_0 + l_1$ mm
gdje je:
L = ukupna radna dužina obrade u mm;
l = dužina komada u mm;
l_0 = razmak središta glodača od kraja predmeta u mm i
l_1 = dodatak u mm (za prelaz glodača iza komada).

Razmak središta glodača od komada: »l0« se izračunava za valjkasti glodač po formuli:

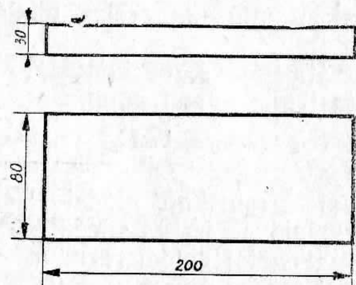
$$l_0 = \sqrt{a(d - a)}$$

gdje je:
l_0 = razmak u mm koje glodalo treba da pređe od časa kada glodalo počne da siječe materijal pa do ulaska glodala na cijeloj dubini reza: a
a = dubina reza u mm i
d = promjer glodača u mm.

Primjer — na vodoravnoj glodalici poravnati jednu stranu (rub) čelične ploče dužine l = 200 mm i debljine 30 mm (sl. 23). Obradu izvršiti valjkastim spiralnim glodačem od brzoreznog čelika, čiji je promjer d = 60



Slika br. 22
Način određivanja radne dužine L za slučaj kad se radi s valjkastim glodačem.



Slika br. 23 — Pravokutna ploča

mm, s dubinom rezanja a = 4 mm i pomakom stola stroja, (komada koji se obrađuje) s = 1 mm/o. Treba odrediti komadno vrijeme strojne obrade ako se radi s brzinom rezanja V = 20 m/min.

Riješenje:

Razmak središta glodača od komada za valjkasti glodač i dubinu reza **a** je:

$$l_0 = \sqrt{a(d-a)} = \sqrt{4\,(60-4)}\,\sqrt{224} = \sim 14,9$$

Ukupna dužina obrade je:

$L = l + l_0 + l_1 = 200 + 14,9 + 2 = 216,9$ ili okruglo l_0 217 mm.

Broj okreta glodača je:

$$n = \frac{1000\,V}{d\,\pi} = \frac{1000 \times 20}{60 \times 3,14} = \frac{1000}{9,42} = \sim 106 \text{ o/min}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} = \frac{1 \times 217}{1 \times 106} = \frac{217}{106} = \sim 2,05 \text{ min}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts =
- za stezanje i udešavanje komada u stroju 1,2 min
- za pokretanje i zaustavljanje stroja — 0,6 min
- za mjerenje i udešavanje reza — — — 0,4 min
- za skidanje komada sa stroja — — — — 0,3 min

svega ts = 2,5 min

Izgubljeno vrijeme strojne obrade:

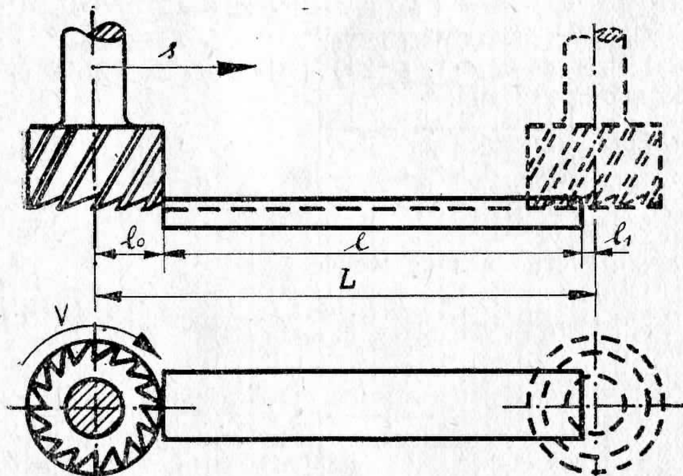
$$ti = 0,25\ tg = 0,25 \times 2,05 = 0,51 \text{ min.}$$

[1]) l_1 = (se uzima 2—3 mm za prelaz glodala iza kraja predmeta, koji se obrađuje).

Komadno vrijeme strojne obrade je:
$Tk = tg + ts + ti = 2,05 + 2,5 + 0,51 = 5,06$ min.

Obrada čeonim glodačem:

Ako se strojna obrada na glodalici vrši čeonim glodačem, onda se glavno vrijeme strojne obrade računa po istoj formuli kao i kod strojne obrade s



Slika br. 24
Način određivanja radne dužine L za slučaj kad se radi sa čeonim glodačem.

valjkastim glodačem, samo što se kod čeonog glodača razmak središta glodača od komada izračunava po formuli:

$$l_0 = \frac{1}{2}(d - \sqrt{d^2 - B^2})$$

gdje je:
l_0 = razmak središta glodača od komada u mm;
d = promjer glodača u mm;
B = širina komada u mm.

Iz slike 24 se vidi, da je radna dužina strojne obrade s čeonim glodačem:

$$L = l + l_0 + l_1$$

gdje je:
L = radna dužina obrade u mm;
l = dužina komada u mm;
l_0 = razmak središta glodača od komada u mm i
l_1 = dodatak za prelaz glodača u mm.

Primjer — na okomitoj glodalici poravnati s čeonim glodačem jednu stranu brončane prizme (sl. 25) čija je dužina l = 300 mm, širina B = 100 mm. Obradu izvršiti iz dva reza s pomakom s = 2 mm. Promjer glodača je d = 150 mm.

Treba odrediti glavno vrijeme strojne obrade.

Riješenje:

Brzina rezanja kojom će se izvršiti obrada je V = 30m/min (uzeti iz tablice br. 1).

Broj okreta glodača je:

$$n = \frac{1000 \times V}{d \times \pi} = \frac{1000 \times 30}{150 \times 3,14} = \frac{1000}{5 \times 3,14} = \frac{200}{3,14} \cong 64 \text{ o/min}$$

Razmak središta glodača do komada je:

$$L_0 = \frac{1}{2}(d - \sqrt{d^2 - B^2}) = \frac{1}{2}(150 - \sqrt{22500 - 10000}) = \frac{1}{2}(150 - \sqrt{12500}) = \frac{1}{2}(150 - 111,7) = \frac{1}{2} \times 38,3 = \sim 19,15 \text{ mm}$$ ili okruglo 20 mm.

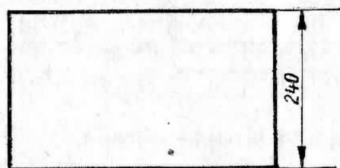
Ukupna dužina obrade je:

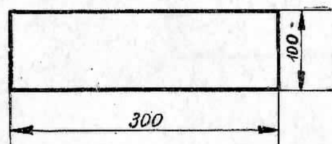
$$L = l + l_1 + l_1 = 300 + 20 + 2 = 322 \text{ mm}.$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

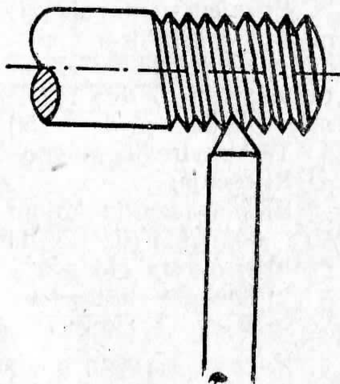
$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} = \frac{2 \times 322}{2 \times 64} = \frac{161}{32} = \sim 5 \text{ min}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade ts, izgubljeno vrijeme strojne obrade ti i komadno vrijeme strojne obrade Tk se izračunava kao i u prethodnim primjerima.





Slika br. 25
Pravokutna prizma



Slika br. 26
Način izrade nareza na tokarskom stroju

IZRADA NAREZA

I pri izradi nareza glavno vrijeme strojne obrade izračunava se po različitim formulama:

Izrada nareza na tokarskom stroju:

Za izradu nareza na tokarskom stroju (sl. 26) glavno vrijeme strojne obrade se računa po formuli:

$$tg = \frac{i \times g \times L}{s \times n} \text{ min}$$

gdje je:
tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
g = broj nareza;
L = radna dužina izrade nareza u mm;
l = dužina samoga nareza u mm.

Primjer — izraditi dvonavojni narez na čeličnom čepu omjera d = 50 mm a na dužini l = 250 mm. Obradu izvršiti iz pet rezova s pomakom s = 4 mm. Koliko je vrijeme strojne obrade za izradu spomenutog nareza ako je brzina rezanja V = 15 m/min, a radi se s nožem od brzoreznog čelika?

Riješenje:

Broj okreta komada je:

$$n = \frac{100 \times V}{d \times \pi} = \frac{1000 \times 15}{50 \times 3{,}14} = \frac{1000 \times 3}{10 \times 3{,}14} = \frac{3000}{31{,}4} = \sim 96 \text{ o/min}$$

Ukupna radna dužina je:

$L = l + l_1 = 250 + 2 = 252$ mm (l_1 = dodatak dužini predmeta u mm)

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times g \times L}{s \times n} = \frac{5 \times 2 \times 252}{4 \times 96} = \frac{5 \times 126}{96} = \frac{5 \times 63}{48} =$$

$$= \frac{315}{48} = \sim 6{,}6 \text{ min}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

$$ts = \begin{cases} \text{za stezanje i centriranje komada u stroj} & 0,8 \text{ min} \\ \text{za pokretanje i zaustavljanje stroja} & 0,4 \text{ ,,} \\ \text{za vraćanje noža i uđešavanje reza} & 1,3 \text{ ,,} \\ \text{za mjerenje} & 1,0 \text{ ,,} \\ \text{za skidanje komada sa stroja} & 0,2 \text{ ,,} \end{cases}$$

svega ts = 3,7 min.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:
ti = 0,25 tg = 0,25 × 9,3 = 2,65 min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:
Tk = tg + ts + ti = 6,6 + 3,7 + 2,65 = 12,95 min ili približno = 13' min.

Izrada nareza s jednostrukim glodačem:

Kod izrade nareza s jednostrukim glodačem prema slici 27 glavno vrijeme strojne obrade se računa po formuli :

$$tg = \frac{i \times g \times z \times d \times \pi}{s \times n} \text{ min}$$

gdje je :
tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
g = broj navojnica;
z = broj koraka navojnice;
d = promjer komada na kome se siječe narez u mm i
π = 3,14 (Ludolfov broj);
s = pomak u mm i
n = broj okreta o/min.

Primjer — izračunati komadno vrijeme strojne obrade za izradu dvozavojnog trapeznog nareza na beskrajnom vijku (na pužnici prema sl. 29) čiji je promjer d = 60 mm, dužinom l = 350 mm i usponom nareza h = 25,4 mm. Obrada se vrši s pomakom s.n = 150 mm/min, a iz jednog reza.

Riješenje:

Broj nareza koji treba da se izrade je :

$$z = \frac{L}{h} = \frac{l + g}{h} = \frac{350 + 2}{25,4} = \frac{352}{25,4} = \sim 14$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times g \times z \times d \times \pi}{s \times n} = \frac{2 \times 14 \times 60 \times 3,14}{150} =$$

$$= \frac{120 \times 14 \times 3,14}{150} = \frac{4 \times 14 \times 3,14}{5} = \frac{56 \times 3,14}{5} = \frac{175,8}{5} =$$

$$= \sim 35,2 \text{min}$$

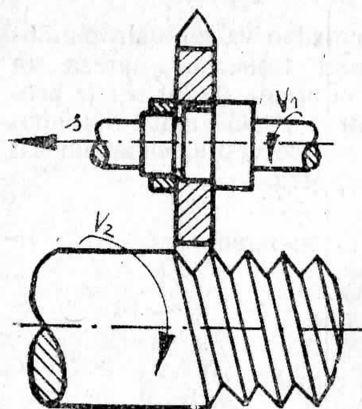
Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

$$ts = \begin{cases} \text{za stezanje komada u stroju} & 1,0 \text{ min} \\ \text{za pokretanje i zaustavljanje stroja} & 0,8 \text{ ,,} \\ \text{za udešavanje reza} & 0,3 \text{ ,,} \\ \text{za mjerenje} & 0,4 \text{ ,,} \\ \text{za skidanje komada sa stroja} & 0,3 \text{ ,,} \end{cases}$$

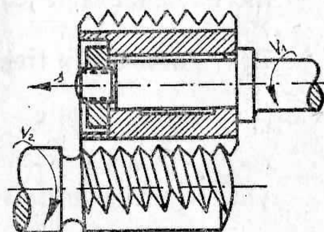
svega ts = 2,8 min

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:
ti = 0,25 tg = 0,25 × 35,2 = 8,8 min.

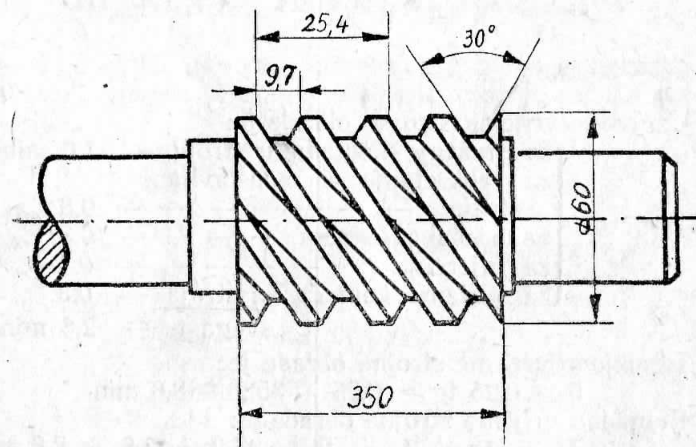
Komadno vrijeme strojne obrade je:
Tk = tg + ts + ti = 35,2 + 2,8 + 8,8 = = 46,8 min.



Slika br. 27
Način izrade nareza sa jednostrukim glodačem



Slika br. 28
Način izrade nareza sa višestrukim glodačem



Slika br. 29 Beskrajni vijak (puž)

Izrada nareza s višestrukim glodačem:

Izrada nareza s višestrukim glodačem izvodi se na taj način što se izrada vrši odjednom na cijeloj dužini nareza l (sl. 28). Pri ovakovoj izradi nareza dok komad (predmet na kome se izrađuje narez) načini jedan obrt, dotle se glodač pomakne u smjeru svoje uzdužne osovine za uspon h, a time je završena i izrada nareza na cijeloj dužini l. Ovakova izrada nareza moguća je zbog toga što je širina glodača tolika kolika je i dužina zavoja koji se treba izraditi, te je na taj način moguća izrada nareza na cijeloj dužini l za svega jedan okret komada. Praktično se izrada nareza s višestrukim glodačem izvodi sa nešto više od jednog okreta komada, kao, na primjer, 1.¼ — 1.¾ okreta, kako bi narez bio sigurno dobro izrađen.

Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade za izradu nareza s višestrukim glodačem vrši se po formuli:

$$tg = \frac{(1\frac{1}{3} - 1\frac{1}{4}) \times d \times \pi}{s \times n}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
d = promjer komada u mm;
π = 3,14;
s = pomak u mm;
n = broj okreta glodača.

Primjer — izračunati vrijeme strojne obrade za izradu nareza s višestrukim glodačem (prema sl. 30) na promjeru d = 50 mm, ako se glodač okreće s 230 okreta na minutu i ako je pomak s = 0,2 mm/okret?

Rješenje:
Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$t_g = \frac{1\,^1/_3 \times d \times \pi}{s \times n} = \frac{1\,^1/_3 \times 50 \times 3{,}14}{0{,}2 \times 230} = \frac{4 \times 50 \times 3{,}14}{3 \times 0{,}2 \times 230} =$$

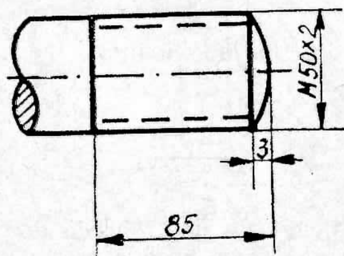
$$= \frac{200 \times 3{,}14}{0{,}6 \times 230} = \frac{628}{138} = 4{,}55 \text{ min}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

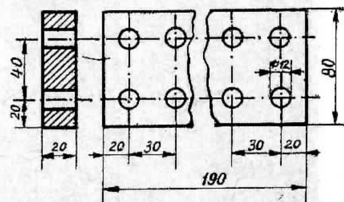
ts=	za stezanje i centriranje komada —	0,8 min
	za pokretanje i zaustavljanje stroja	0,6 „
	za udešavanje reza — — — — —	0,2 „
	za mjerenje — — — — — — — —	0,2 „
	za skidanje komada sa stroja — — —	0,2 „
	svega ts	= 2,0 min.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:
ti = 0,25 tg = 0,25 × 4,55 = 1,13 min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:
Tk = tg + ts + ti = 4,55 + 2 + 1,13 = 7,68 min
ili = 7,7 min.



Slika br. 30
Dio vijka s narezom



Slika br. 31
Izbušena ploča od lima

BUŠENJE:

Kod bušenja se glavno vrijeme strojne obrade računa po formuli:

$$t_g = \frac{i\,(L + 0{,}3\,d)}{s \times n}$$

gdje je:
- tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
- L = dubina bušenja u mm;
- s = pomak u mm/ok svrdla;
- n = broj okreta svrdla (burgije);
- d = promjer svrdla u mm

Na L se dodaje

$$\frac{d}{2\,tg\,60^0} = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{2\,d}{7} = 0{,}3 \text{ d za vrh}$$

burgije i dodatkom za razmak vrha od predmeta koji se buši.

Primjer — izračunati glavno vrijeme strojne obrade za bušenje 24 rupe, promera 12 mm u čeličnoj ploči debljine 20 mm (prema sl. 31), ako se bušenje vrši s brzinom rezanja V = 15 m/min i pomakom s = 0,1 mm/o?

Riješenje:
Broj okreta svrdla je:

$$n = \frac{1000 \times V}{d \times \pi} = \frac{1000 \times 15}{12 \times 3{,}14} = \frac{1000 \times 5}{4 \times 3{,}14} = \frac{5000}{12{,}56} = \sim 400 \text{ o/min}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$t_g = \frac{L + 0{,}3d}{s\ n} = \frac{20 + 0{,}3 \times 12}{0{,}1 \times 400} = \frac{23{,}6}{40} = \sim 0{,}59 \text{ min.}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts = {
za namještanje ploče na stol stroja 0,1 min
za pokretanje i zaustavljanje stroja 0,1 „
za udešavanje vrha svrdla točno
na mjesto bušenja — — — — — 0,1 min
za skidanje ploče sa stroja — — — 0,1 „

svega ts = 0,4 min

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

ti = 0,25 tg = 0,25 × 0,59 = 0,147 ≅ 0,15 min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:

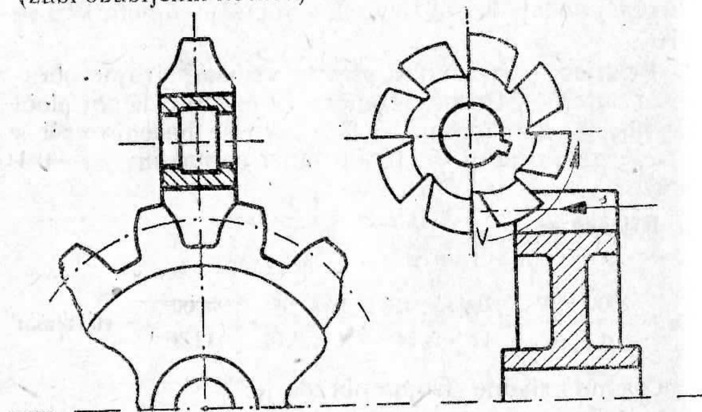
Tk = tg + ts + ti = 0,59 + 0,4 + 0,15 = 1,14 min

po jednoj rupi, a ukupno vrijeme strojne obrade je:

Tu = 24 · Tk = 24 × 1,14 = 27,5 min.

IZRADA ZUPČANIKA

Pod ozubljenjem se u praksi obično razumije strojna obrada pomoću koje se izrađuju zubi na zupčanicima (zubi ozubljenih kotača).



Slika br. 32

Način izrade zuba zupčanika (ozubljenih točkova) na običnoj glodalici.

Ozubljenje se može izvesti na običnoj glodalici (frez-mašini) prema sl. 32, običnim glodačem; na specijalnoj glodalici za ozubljenje prema sl. 33 odvalnim glodačem; i na vertikalnom strugu po felosovom (Fellows) postupku, koji se osniva na međusobnom kotrljanju zupčanog noža (nož izrađen u obliku zupčanika) i komada koji treba da se ozubi prema sl. 34.

OZUBLJENJE S OBIČNIM GLODAČEM

Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade za ozubljenje (izradu zuba zupčanika) s običnim glodačem i na običnoj glodalici vrši se po formuli za izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod glodalice:
gdje je:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} \text{ min}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
s = pomak mm/o glodača;
n = broj okreta glodača o/min i
L = radna dužina u mm.

Primjer — na glodalici obraditi zupčanik (PR sl. 32) koji ima 85 zuba i čija je širina b = 28 mm iz dva reza od kojih je prvi sa dubinom:

$a_1 = \frac{6}{7}$ (grublji), a drugi

$a_2 = \frac{1}{7}$ (finiji), od cijele dubine glodanja

(H = 8,66 mm)

Osim toga obradu treba izvršiti s pomakom s = 0,5 mm i prelazom središta glodača za 2 mm iza komada. Koliko je komadno vrijeme strojne obrade Tk, ako se

radi s brzinom rezanja V = 24 m/min i glodačem čiji je promjer d = 80 mm?

Riješenje:

Kod ovog primjera treba odrediti radnu dužinu L za oba reza posebno zbog toga što je dubina jednog drugog reza različita, pa je i radna dužina za oba reza različita.

Radna dužina prvog reza je:

$$L_1 = 1 + \sqrt{\quad\quad {}_1} + 2 = 28 + \sqrt{\frac{6}{7}\times 8,66\left(80 - \frac{6}{7}\times 8,66\right)}$$

$$+ 2 = 28 + \sqrt{7,24\ (\quad - 7,42)} + 2 = 28 + \sqrt{538,54} + 2 =$$
$$= 28 + 23,2 + 2 = 53,2 \text{ mm}$$

Radna dužina drugog reza je:

$$L_2 = 1 + \sqrt{a_2(d - a_2)} + 2 = 28 + \sqrt{\frac{1}{7}\times 8,66\left(80 - \frac{1}{7} + 8,66\right)} +$$

$$+ 2 = 28 + \sqrt{1,24\,(80 - 1,24)} + 2 = 28 + \sqrt{97,66} + 2 =$$
$$= 28 + 8,8 + 2 = 38,8 = 39 \text{ mm}$$

Broj okreta glodača je:

$$n = \frac{1000\,V}{d\,\pi} = \frac{24\times 1000}{80\times 3,14} = \frac{24000}{80\times 3,14} = \frac{300}{3,14} = 96 \text{ o/min.}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i\times L_1}{s\times n} + \frac{i\times D_2}{s\times n} = \frac{i\,(L_1 + L_2)}{s\times n} = \frac{1\,(53,2 + 39)}{0,5\times 96} = \frac{92,2}{48} = 1,9 \text{ m}$$

po jednom zubu, a za sve zube će biti: tg = 85 × 1,9 = 1,62 min.

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts =	za stezanje komada u stroju — —	0,4 min
	za pokretanje u zaustavljanje stroja	8,5 „
	za udešavanje reza, vraćanje stola i okretanje razdjelne glave — —	12,0 „
	za mjerenje — — — — — — —	1,0 „
	za skidanje komada sa stroja — —	0,3 „
	svega ts =	22,2 min

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:
ti = 0,25 tg = 0,25 × 162 = 40,5 min.

Komadno vrijeme strojne·obrade je:
Tk = tg + ts + ti = 162 + 22,2 + 40,5 = 224,7 min.

OZUBLJENJE S ODVALNIM GLODAČEM:

Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod ozubljenja s odvalnim glodačem vrši se po formuli:

$$tg = \frac{i\times z\times L}{g\times s\times n} \text{ min}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
z = broj zuba zupčanika;
L = radna dužina u mm;
g = broj nareza glodača;
s = pomak u mm za 1 okret komada i
n = broj okreta glodača.

Primjer: na Pfauterovoj (Pfauter) glodalici za ozubljenje obraditi odjednom po dva zupčanika koji su namontirani na trnu prema sl. 33 s brzinom rezanja V = 12 m/min, iz dva reza, sa pomakom s = 0,4 mm. Broj zuba zupčanika koji se izradjuje je z = 40, radna dužina L = 120 mm, a obrada se vrši s dvonavojnim odvalnim glodačem čiji je promjer d = 60 mm. Treba odrediti komadno vrijeme strojne obrade

Riješenje:

Broj okreta glodača je:

$$n = \frac{1000 \times V}{d \times \pi} = \frac{1000 \times 12}{60 \times 3{,}14} = \frac{12000}{60 \times 3{,}14} = \frac{200}{3{,}14} = 640/\text{min},$$

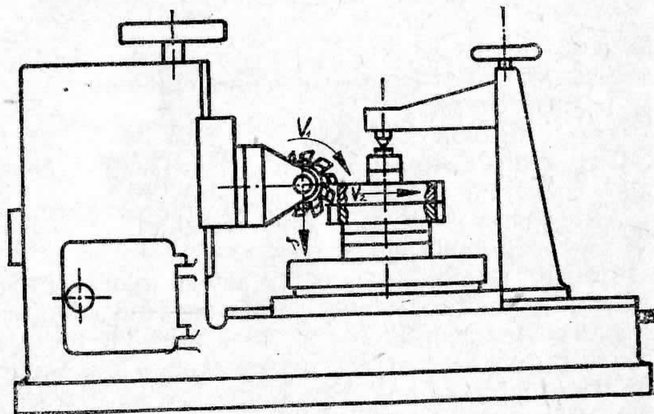
Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times z \times L}{g \times s \times n} = \frac{2 \times 40 \times 120}{2 \times 0{,}4 \times 64} = \frac{400 \times 120}{4 \times 64} = \frac{100 \times 120}{64} = \frac{12000}{64} =$$
$= 188$ min.

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

= ts {
za stezanje zupčanika na trnu — — 0,5 min
za pokretanje i zaustavljanje stroja 0,3 „
za udešavanje reza — — — — — 0,6 „
za mjerenje — — — — — — — 0,5 „
za skidanje komada sa stroja — — 0,5 „

svega ts = 2,4 min



Slika br. 33
Način izrade zuba zupčanika sa odvalnim glodačem na Fauferovoj (Pfaufer) glodalici

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

$$ti = 0{,}25\ tg = 0{,}25 \times 188 = 47 \text{ min.}$$

Komadno vrijeme strojne obrade je:

$$Tk = tg + ts + ti = 188 + 2{,}4 + 47 = 237{,}4 \text{ min}$$

za 2 zupčanika, a za jedan zupčanik će biti

$$Tk = \frac{237 \times 4}{2} = 118{,}7 \text{ min.}$$

OZUBLJENJE SA ZUPČASTIM NOŽEM

Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod ozubljenja struganjem sa zupčastim nožem vrši se po formuli:

$$tg = \frac{i \times z \times m \times \pi}{s \times n} + ta$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
m = modul zuba zupčanika;
π = 3,14;
n = broj hodova (h/min);
s = pomak (mm po jednom hodu) i
ta = vrijeme automatskog ulaženja noža na potrebnu dubinu.

Primjer: na vertikalnoj rendisaljci (štosmašini tipa Lorenc sl. 34) ozubiti 15 zupčanika automobilske menjačke kutije, čiji je broj zuba z = 30 i modul m = 3,5. Obradu treba vršiti s pomakom s = 0,3 mm i brojem hodova n = 150 h/min. Koliko je ukupno vrijeme strojne obrade za svih 15 zupčanika, ako se obrada vrši iz dva reza (grubog i finog)?

Riješenje:

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$t_g = \frac{l \times z \times m \times \pi}{s \times n} = \frac{2 \times 30 \times 3{,}5 \times 3{,}14}{0{,}3 \times 150} = \frac{600 \times 3{,}5 \times 3{,}14}{3 \times 150} =$$

$$= \frac{4 \times 3{,}5 \times 3{,}14}{3} = \frac{48}{3} = 16 \text{ min.}$$

po komadu.

Vrijeme automatskog ulaženja noža na dubini reza se proračunava po formuli:

$$ta = \frac{2\ tg}{z} \text{ min.}$$

gdje je:

ta = vrijeme automatskog ulaženja noža na dubinu reza u min;

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;

z = broj zuba zupčanika koji se obrađuje.

U gornjem primjeru je vrijeme automatskog ulaženja noža na dubini reza:

$$ta = \frac{2 \times tg}{z} = \frac{2 \times 16}{30} = \frac{32}{30} = 1{,}07 \text{ min. po komadu}$$

Sporedno vrijeme strojne obrade je:

ts = {
- za stezanje komada u stroj — — 1,2 min
- za pokretanje i zaustavljanje stroja 1,0 „
- za udešavanje reza — — — — — 0,5 „
- za mjerenje — — — — — — — — 0,4 „
- za skidanje komada iz stroja — — 1,0 „

svega ts = 4,1 min

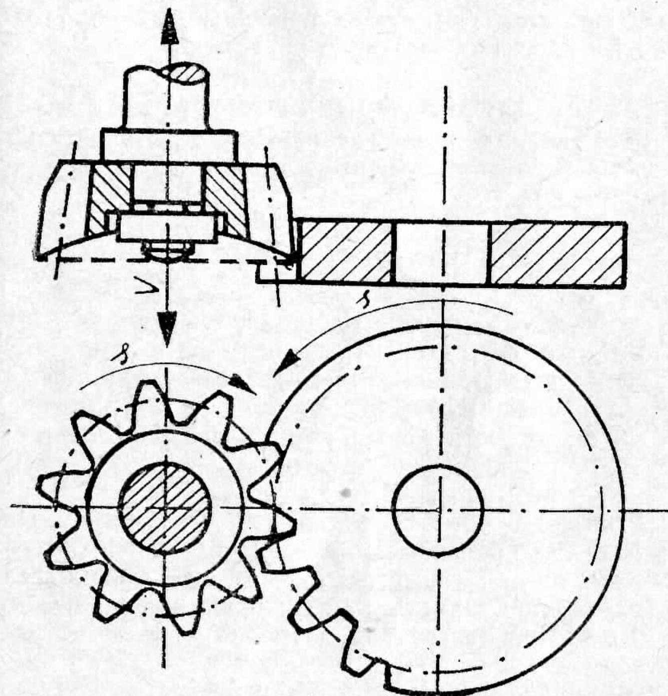
Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

ti = 0,25 tg = 0,25 × 16 = 4 min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:

Tk = tg + ts + ti + ta = 16 + 4,1 + 4 + 1,6 = 25,7 min po komadu a ukupno vrijeme strojne obrade za svih 15 komada zupčanika je:

Tu = 15 Tk = 15 × 25,7 = 385,5 min.



Slika br. 34

Način izrade zuba zupčanika struganjem (na štos-mašini)

BRUŠENJE

Pod brušenjem se obično razumije strojna obrada kod koje se skidanje suvišnog materijala (s dijela koji se obrađuje) vrši pomoću brusa (brusne ploče od umjetnog [vještačkog] kamena). I kod brušenja se pri izračunavanju glavnog vremena strojne obrade mora voditi računa o vrsti brušenja, tj. da li se bruse predmeti s cilindričnim ili ravnim površinama.

Brušenje okruglih predmeta

Kod vanjskog i unutrašnjeg brušenja cilindričnih površina se glavno vrijeme strojne obrade računa po formuli:

$$tg = \frac{(Da - da)\ L}{2 \times a \times s \times n}\ \text{min.}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
Da = promjer komada prije brušenja u mm;
da = promjer komada poslije brušenja u mm;
L = dužina brušenja u mm;
a = suvišan materijal koji se treba skinuti u mm;
s = pomak za 1 okret u mm;
n = broj okreta o/min.

Primjer — obrusiti osovinu (sl. 35) promjera Da = 80,8 mm na promjer da = 80 mm na dužini od 1 = 250 mm. Širina brusa B = 40 mm, dubina reza a = 0,015 mm. Obodna brzina komada koji se obrađuje 10 m/min. Izračunati komadno vrijeme strojne obrade.

Riješenje:

Prije nego što se pristupi izračunavanju glavnog vremena strojne obrade treba izračunati broj okreta komada i dužinu brušenja.

Broj okreta komada je:

$$n = \frac{1000 \times V}{d_a \times \pi} = \frac{10 \times 1000}{80 \times 3{,}14} = \frac{10000}{80 \times 3{,}14} = \frac{1000}{25{,}13} = 39{,}97 \text{ ili}$$

okruglo 40 o/min

Dužina brušenja je:

$$L = 1 + B = 250 + 40 = 290 \text{ mm.}$$

Pomak brusa je:

$$s = 1/3 \times B = 1/3 \times 40 = \frac{40}{3} = 13{,}3 \text{ mm/s se uzima } \left(\frac{1}{5} - \frac{9}{10}\right) B/$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{(Da - da) \times L}{2 \times a \times s \times n} = \frac{(80{,}8 - 80) \times 290}{2 \times 0{,}015 \times 13{,}3 \times 40} = \frac{80 \times 290}{2 \times 0{,}015 \times 13{,}3 \times 40} =$$

$$= \frac{8 \times 29}{0{,}3 \times 13{,}3 \times 4} = \frac{8 \times 29}{1{,}2 \times 13{,}3} = \frac{58}{3{,}99} = 14{,}6 \text{ min.}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts =
- za stavljanje komada u stroj — — 0,2 min
- za pokretanje i zaustavljanje stroja 0,2 „
- za mjerenje — — — — — — — 1,0 „
- za skidanje komada sa stroja — — 0,2 „

svega ts = 1,6 min

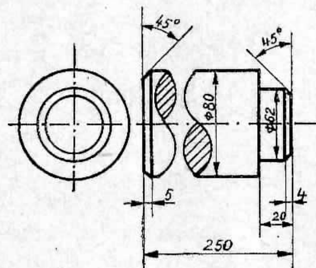
Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

$$ti = 0{,}25\ tg = 0{,}25 \times 14{,}6 = 3{,}63 \text{ min.}$$

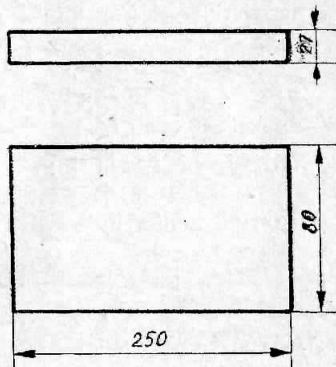
Komadno vrijeme strojne obrade je:

$$Tk = tg + ts + ti = 14{,}6 + 1{,}6 + 3{,}63 = 19{,}83 \text{ min.}$$

Na isti se način vrši proračun vremena strojne obrade i za unutrašnje brušenje rupa, cilindara, otvora i t. sl.



Slika br. 35
Osovina



Slika br. 36
Čelična ploča

Brušenje ravnih predmeta:

Kod ravnog brušenja kao što je prikazano na sl. 7 izračunavanje glavnog vremena strojne obrade vrši se po formuli:

$$tg = \frac{i \times B}{s \times n} \text{ min.}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
s = pomak po jednom radnom hodu u mm;
n = broj hodova i
B = širina komada u mm.

Broj hodova se računa po formuli:

$$n = \frac{V}{2\,L} \text{ h/min.}$$

gdje je:

n = broj hodova na minut;
V = brzina gibanja stola u m/min i
L = dužina hoda u mm.

Primjer — obrusiti pravokutnu čeličnu ploču, širine B = 56 mm, i dužine 87 mm. Obradu izvršiti s pomakom s = 0,2 mm i brzinom V = 15 m/min. Koliko će se glavnog vremena strojne obrade utrošiti za obradu, ako treba skinuti višak materijala zh = 0,5 mm a obrada će se vršiti s jednog reza?

Riješenje:

Broj hodova je:

$$n = \frac{V}{2L} = \frac{15 \times 1000}{174} = 86 \text{ h/min}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times B}{s \times n} = \frac{1 \times 56}{0{,}2 \times 86} = \frac{56}{17{,}2} = 3{,}25 \text{ min}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade kao i izgubljeno vrijeme strojne obrade se računa kao i ranije.

Čeono ravno brušenje:

Glavno vrijeme strojne obrade za čeono ravno brušenje prema sl. 8 se računa po formuli:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} \text{ min.}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
L = dužina brušenja u mm;
s = pomak po jednom radnom hodu u mm i
n = broj okreta brusa u min.

Broj reza se izračunava po formuli:

$$i = \frac{i \times h}{a}$$

gdje je:

i = broj reza;
zh = dodatak za brušenje u mm i
a = dubina reza u mm.

Primjer — obrusiti kaljenu čeličnu ploču širine B = 80 mm i dužine L = 250 mm (sl. 36). Brušenje izvršiti s brusom promjera d = 180 mm a broj okreta n = 1000 o/min. Dodatak za brušenje zh = 2 mm, a dubina reza je a = 0,04 mm. Koliko je glavno vrijeme strojne obrade, ako se radi s pomakom s = 0,5 mm.

Riješenje:

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times L}{s \times n} = \frac{\frac{zh}{a} \cdot L}{s \times n} = \frac{\frac{2}{0{,}04} \times 250}{0{,}5 \times 1000} = \frac{50 \times 250}{500} = 25 \text{ min.}$$

Sva ostala vremena (uzgredno vrijeme, izgubljeno vrijeme i komadno vrijeme) izračunavaju se kao i ranije.

STRUGANJE (BLANJANJE)

Kod struganja se glavno vrijeme strojne obrade računa po formuli:

$$tg = \frac{i \times B}{s \times nL} \text{ min.}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
i = broj reza;
B = širina komada u mm;
nL = broj hodova na min i
s = pomak komada po jednom radnom hodu u mm.

Broj hodova se računa po formuli:

$$n\,L = \frac{V\,s}{2\,L} \text{ h/min}$$

gdje je:

nL = broj hodova na minut;
Vs = srednja brzina iz radnog i praznog hoda i
L = dužina hoda u mm.

Primjer — na strugu izravnati (stanjiti) čeličnu ploču sa debljine 35 mm na debljinu od 28 mm. Ploču treba strugati s obe strane s po jednim rezom. Koliko je komadno vrijeme strojne obrade, ako je srednja brzina rezanja Vs = 16 m/min, pomak s = 0,8 mm, dužina L = 250 i širina B = 120 mm?

Riješenje:

Broj hodova je:

$$nL = \frac{V\,s}{2\,L} = \frac{16 \times 1000}{2 \times 250} = \frac{16000}{500} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ h/min.}$$

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times B}{s \times n} = \frac{2 \times 120}{0{,}8 \times 32} = \frac{120}{0{,}8 \times 16} = \frac{60}{6{,}4} = 9{,}4 \text{ min.}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts = {
za stezanje komada u stroj . . . . 0,2 min
za pokretanje i zaustavljanje stroja . 0,2 „
za udešavanje reza . . . . 0,5 „
za mjerenje . . . . 0,8 „
za skidanje komada sa stroja . . . 0,1 „

svega ts = 1,8 min.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

ti = 0,25 tg = 0,25 × 9,4 = 2,35 min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:

Tk = tg + ts + ti = 9,4 + 1,8 + 2,35 = 13,35 min.

Kod onih vrsta strugova kod kojih je brzina praznog hoda veća od brzine radnog hoda, srednja brzina rezanja se proračunava približno po formuli:

$$Vs = \frac{V_1 + V_2}{2} \text{ m/min.}$$

gdje je:

Vs = srednja brzina rezanja u m/min;
V_1 = maksimalna brzina radnog hoda u m/min i
V_2 = maksimalna brzina praznog hoda u m/min.

Primjer — kolika je srednja brzina rezanja kod struga čija je maksimalna (najveća) brzina radnog hoda 10 m/min, i ako je maksimalna brzina praznog hoda dva puta veća od maksimalne brzine radnog hoda?

Riješenje:

$$Vs = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{V_1 + 2\,V_2}{2} = \frac{3\,V_1}{2} = \frac{3 \times 10}{2} = 15 \text{ m/min.}$$

DUBLJENJE PROVLAČENJEM

Pod dubljenjem — provlačenjem razumije se strojna obrada koja se vrši na taj način što se kroz otvor na predmetu koji se obrađuje provlači odgovarajući alat za rezanje, koji za vrijeme provlačenja izvlači (skida) iz otvora predmeta suvišan materijal, čime se ujedno mijenja i prvobitni oblik otvora.

I ova vrsta strojne obrade se izvodi jednim ili sa više rezova, što ovisi o suvišku materijala koji treba skinuti. Razlika između ove i ostalih navedenih strojnih obrada je u tome što se pri dubljenju provlačenjem mora za svaki rez uzimati drugi alat za rezanje (mandrin).

Ukoliko se neki predmet obrađuje s više alata (mandrina), mandrini se obično obilježavaju oznakom predmeta koji se njima obrađuju, kao i rimskim brojevima: I, II, III . . . . N, kako bi se znalo kojim redom koji mandrin treba provući kroz otvor predmeta.

Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod dubljenja provlačenjem vrši se po formuli:

$$tg = \frac{i \times l}{v} \text{ min.}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
l = dužina mandrina u mm;
V = brzina rezanja u m/min i
i = broj reza.

Primjer — na stroju za dubljenje provlačenjem od 35 t (tona) treba u otvoru predmeta (sl. 37) izraditi (izdubiti) žljebove kao na slici 38.

Koliko je komadnó vrijeme strojne obrade, ako se dubljenje vrši s dva reza (sa dva mandrina) brzinom rezanja V = 3 m/min, a dužina mandrina je l = 800 mm?

Riješenje:

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times l}{v} = \frac{2 \times 8\;0}{3000} = \frac{1600}{3000} = \frac{16}{30} = 0{,}53 \text{ min.}$$

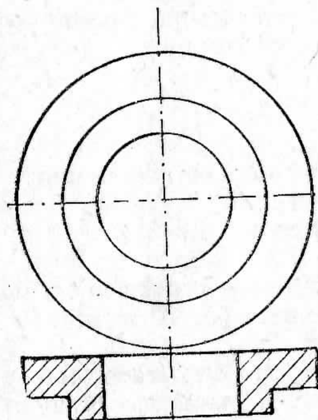
Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts =	za namještanje komada u stroj . . .	0,3 min
	za ukopčavanje mandrina	0,2 „
	za pokretanje i zaustavljanje stroja .	0,1 „
	za skidanje komada	0,3 „
	za čišćenje mandrina	0,5 „
	svega ts =	1,4 min.

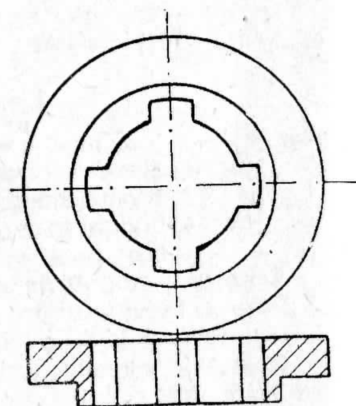
Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

$$ti = 0{,}25\ tg = 0{,}25 \times 0{,}53 = 0{,}132 \text{ min.}$$

Komadno vrijeme strojne obrade je:
Tk = tg + ts + ti = 0,53 + 1,4 + 0,13 = 2,06 min.



Slika br. 37
Izgled otvora prije izrade žljebova



Slika br. 38
Izgled otvora poslije izrade žljebova

EKSCENTAR PREŠA

Obrada metala pomoću ekscentar preše osniva se uglavnom na smicanju materijala slično kao i kod strojnih škara.

Izračunavanje komadnog vremena strojne obrade kod ekscentar preše vrši se prema formuli:

$$Tk = tg + ts + ti \text{ min.}$$

Glavno vrijeme strojne obrade se računa po formuli:

$$tg = \frac{1'}{n} \times \text{min.}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
1' = jedan minut (vrijeme) i
n = broj hodova preše (h/min).

Uzgredno vrijeme kao i izgubljeno vrijeme se određuju kao i kod ostalih strojeva.

Primjer — na ekscentar preši treba izbušiti u čeličnom limu debljine 8 mm otvor kao što pokazuje sl. 39. Koliko je komadno vrijeme strojne obrade za bušenje spomenutog otvora, ako ekscentar preša ima 30 okretaja (hodovo) na 1 min?

Riješenje:

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{1'}{n} = \frac{1'}{30} = 0{,}03 \text{ min.}$$

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts = { za nameštanje komada . . . . . 0,3 min
za pokretanje i zaustavljanje stroja . 0,1 „
vađenje komada . . . . 0,6 „

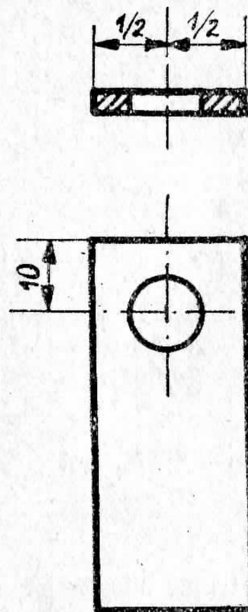
svega ts = 1,0 min.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

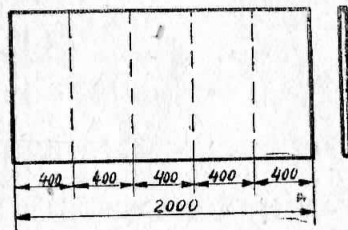
ti = 0,25 tg = 0,25 × 0,03 = 0,0075 min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:

Tk = tg + ts + ti = 0,03 + 1,0 + 0,0075 = = 1,0375 min, ili približno 1,04 min po otvoru.



Slika br. 39
Pravokutna ploča s rupom koju treba izraditi na ekscentar preši



Slika br. 40
Ploča od čeličnog lima koju treba izrezati na strojnim škarama po iscrtkanim crtama.

STROJNE ŠKARE

Izračunavanje glavnog vremena strojne obrade kod strojnih škara vrši se isto kao kod ekscentar preše po formuli:

$$tg = \frac{i \times 1'}{n} \text{ min.}$$

gdje je:

tg = glavno vrijeme strojne obrade u min;
1' = jedan minut (vrijeme);
i = broj reza i
n = broj hodova na minut (h/min).

Primjer — isjeći ploču lima na 5 dijelova prema sl. 40. Koliko će se potrošiti vremena strojne obrade na rezanje pomenute ploče, ako škare imaju 20 hodova na minutu?

Riješenje:

Glavno vrijeme strojne obrade je:

$$tg = \frac{i \times 1'}{n} = \frac{4 \times 1}{20} = \frac{4}{20} = 0{,}2 \text{ min.}$$

Ovdje je i = 4 zato što se ploča lima siječe na 5 dijelova, a broj reza je za 1 manje.

Uzgredno vrijeme strojne obrade je:

ts =	za namještanje ploča u škare . . .	0,5 min
	za pritiskivanje poluge (pokretanje stroja)	0,4 „
	za udešavanje reza	0,8 „
	za mjerenje	0,2 „
	za skupljanje komada	0,4 „
	svega ts =	2,3 min.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

$ti = 0{,}25\ tg = 0{,}25 \times 0{,}2 = 0{,}05$ min.

Komadno vrijeme strojne obrade je:

$Tk = tg + ts + ti = 0{,}2 + 2{,}3 + 0{,}05 = 2{,}55$ min po tabli.

III DIO

MJERENJE VREMENA STROJNE OBRADE

Osim određivanja vremena strojne obrade izračunavanjem koje je već potanko opisano, postoji i drugi način određivanja vremena strojne obrade, koji se sastoji u tome što se za vrijeme rada stroja izravno mjeri utrošeno vrijeme strojne obrade. Ovo mjerenje vremena strojne obrade vrši se u radionici (za vrijeme rada strojeva) običnim satom ili štopericom.

Ovakovo određivanje vremena strojne obrade, direktnim mjerenjem za vrijeme obavljanja radnog procesa, je najsigurniji i najtočniji način određivanja temeljnog vremena strojne obrade, jer se na ovaj način traženo vrijeme strojne obrade dobija baš pod uslovima pod kojima se obavlja i sam radni proces.

Prema tome, kakova se točnost vremena strojne obrade traži, mjerenje samog vremena strojne obrade može se izvesti na slijedeća tri načina:

1) mjerenje vremena strojne obrade cijelog radnog procesa (ciklusa) samo na jednom komadu;

2) mjerenje vremena strojne obrade cijelog radnog procesa na više komada: 5, 10, 15 komada itd. i

3) mjerenje vremena strojne obrade svakog dijela razdijeljenog radnog procesa (ciklusa) posebno na više komada: 5, 10, 15 itd.

Po prvom načinu se mjerenje vremena strojne obrade izvodi na taj način što se s mjerenjem počinje u ča-

su stezanja komada u stroj i traje cijelo vrijeme radnog procesa, sve do ponovnog stezanja drugog komada u stroj. U tom času prestaje mjerenje vremena. Vrijeme dobijeno mjerenjem na ovaj način smatra se za osnovno vrijeme strojne obrade po komadu. Ovaj način mjerenja vremena strojne obrade upotrebljava se kad se proizvodi manji broj komada, kao i komada prostijeg prostornog oblika. Pogreška koja se dobija pri mjerenju vremena po ovom načinu tako je mala da praktično ne dolazi u obzir.

Primjer — na tokarskom stroju treba obraditi 20 osovina (slika 41) iz punog materijala. Koliko će se vremena utrošiti za izradu tih osovina, ako je mjerenjem dobijeno temeljno vrijeme to = 15,3 min?

Riješenje:

Kako je temeljno vrijeme strojne obrade:

$t_o = t_g + t_s = 15{,}3$ min to ostaje da se odredi još samo izgubljeno vrijeme: t_i.

Ako se uzme da je $t_s = 1{,}3$ min, onda je $t_g = t_o - t_s = 15{,}3 - 1{,}3 = 14$ min.

Izgubljeno vrijeme strojne obrade je:

$t_i = 0{,}25\ t_g = 0{,}25 \times 14 = 3{,}5$ min po komadu.

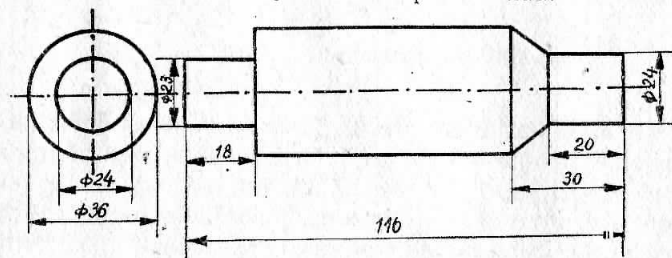
Komadno vrijeme strojne obrade je:

$T_k = t_g + t_s + t_i = t_o + t_i = 15{,}3 + 3{,}5 = 18{,}8$ min po komadu, a ukupno vrijeme za svih 20 komada bit će:

$T_u = 20\ T_k = 20 \times 18{,}8 = 376$ min.

Po drugom načinu se određivanje vremena strojne obrade izvodi na taj način što se mjerenje vrši na više komada, recimo, na 5, 10, 15 itd., kako bi mjereno vrijeme bilo što točnije. Ukoliko je potrebna veća točnost

vremena strojne obrade, utoliko se za mjerenje vremena strojne obrade mora uzeti više komada. Po završenom mjerenju temeljnog vremena strojne obrade, recimo, za 10 komada, pristupa se iznalaženju aritmetičke sredine izmjerenog temeljnog vremena za svih 10 komada. Tako dobijeni rezultat smatra se za temeljno vrijeme strojne obrade po komadu.



Slika br. 41
Osovina, koju treba izraditi na tokarskom stroju s tri operacije A, B i C koje su narisane na sl. 42

Primjer — treba pronaći temeljno vrijeme strojne obrade za obradu čeličnih šupljih valjaka na tokarskom stroju, ako se prilikom mjerenja temeljnog vremena strojne obrade na 10 šupljih valjaka dobije ovaj rezultat:

Pvri šuplji valjak	t_{o1} =	8,8 min;
drugi šuplji valjak	t_{o2} =	8,3 min;
treći šuplji valjak	t_{o3} =	7,9 min;
četvrti šuplji valjak	t_{o4} =	8,2 min;
peti šuplji valjak	t_{o5} =	8,0 min;
šešti šuplji valjak	t_{o6} =	7,5 min;
sedmi šuplji valjak	t_{o7} =	8,1 min;
osmi šuplji valjak	t_{o8} =	8,02 min;
deveti šuplji valjak	t_{o9} =	8,15 min;
deseti šuplji valjak	t_{o10} =	8,05 min.

Riješenje:

Izračunavanjem aritmetičke sredine svih navednih vremena dobija se prosječno temeljno vrijeme po komadu a ono je za navedeni primjer:

$$t_o = \frac{8,8+8,3+7,9+8,2+8,0+7,5+8,1+8,02+8,15+8,05}{10} =$$

$$= \frac{81,02}{10} = 8,10 \text{ min. po komadu}$$

Iz ovoga primjera, dakle, jasno se vidi da se temeljno vrijeme strojne obrade za 2 i više istih predmeta rijetko kada potpuno poklapa. Zato, ako treba da se na nekom stroju za obradu obrađuje veliki broj komada istih predmeta, treba uvijek (radi što veće točnosti) izmjeriti temeljno vrijeme strojne obrade na više komada; pa zatim odrediti aritmetičku sredinu (prosječnu vrijednost temeljnog vremena strojne obrade spomenutih komada) i tu vrijednost uzeti kao temeljno vrijeme strojne obrade po komadu. Ovako treba raditi zbog toga što je prosječna vrijednost temeljnog vremena strojne obrade najtočnija od svih vrijednosti temeljnog vremena strojne obrade pojedinih komada. Tako je, na primjer, u gore navedenom primjeru navedena srednja vrijednost temeljnog vremena strojne obrade za izradu šupljih cilindara to = 8,10 min.

Ako se želi vidjeti za koliko će se pogriješiti pri izradi 1000 komada šupljih valjaka, ako se ne uzima prosječna vrijednost temeljnog vremena strojne obrade to = 8,1 min, već neka druga vrijednost, recimo to = 8,8 min ili to = 7,5 min, onda će se za 1000 komada šupljih cilindara pogriješiti za:

to = 1000 × 8,8 = 8800 min ili
to = 1000 × 7,5 = 7500 min, a treba biti
to = 1000 × 8,1 = 8100 min.

Dakle, pogriješilo se i u jednom i u drugom slučaju. U prvom slučaju je pogreška:

8800 — 8100 = 700 min ili 11½ sati.

U drugom slučaju je pogreška:

8800 — 7500 = 1300 min ili 21½ sati.

Iz ovoga se vidi još i ovo:

1) ako se za 1000 komada šupljih valjaka vrši opterećenje strojeva temljnim vremenom od 8,8 min po komadu, onda će šuplji valjci za 11½ sati biti više opterećeni nego što je to potrebno, a to znači da će šuplji valjci biti skuplji nego što treba;

2) ako se za 1000 kom. šuplja valjka optereti temeljnim vremenom strojne obrade to = 7,5 min po komadu, onda će šuplji valjci biti manje opterećni za 21½ sati, što znači da se šuplji valjci ne mogu izraditi u predviđenom roku, jer je potrebno više vremena za njihovu strojnu obradu nego što je to predviđeno.

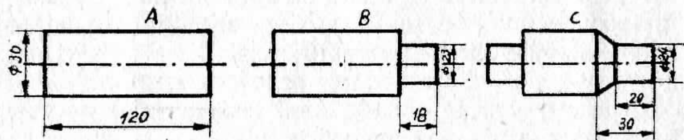
U velikim i dobro organizovanim industrijskim poduzećima za masovnu proizvodnju zahtjeva se još veća točnost obrađivanja vremena strojne obrade. U takovim poduzećima, ne samo što se određuje temeljno vrijeme strojne obrade putem mjerenja na više komada, kao što se vidi iz prethodnog primjera, nego se čak i radni proces strojne obrade dijeli (rasčlanjuje) na više dijelova (na operacije i podoperacije).

Mjerenje temeljnog vremena strojne obrade po trećem načinu sastoji se baš u tome da se (osim mjerenja temljnog vremena strojne obrade na više komada) mjeri još i vrijeme svake operacije odnosno podoperacije zasebno. Ovo mjerenje se vrši na taj način što se gru-

pišu sva izmjerena tameljna vremena iste operacije odnosno podoperacije za sve komade na kojima se vrši mjerenje, zatim se izračuna prosječna vrijednost temeljnog vremena strojne obrade za sve operacije (podoperacije) pa se na kraju zbrajanjem dolazi do temeljnog vremena strojne obrade to za cio radni proces po komadu.

Primjer — odrediti temeljno vrijeme strojne obrade za izradu osovina prema sl. 42 posebnim mjerenjem temeljnog vremena strojne obrade za operacije: A, B i C, ako se pri mjerenju dobio slijedeći rezultat temeljnog vremena strojne obrade za pojedine komade i operacije;

operacija A	operacija B	operacija C
$t_{o1} = 12{,}3$	$t_{o1} = 4{,}2$	$t_{o1} = 3$
$t_{o2} = 12{,}2$	$t_{o2} = 4{,}1$	$t_{o2} = 3{,}3$
$t_{o3} = 12{,}0$	$t_{o3} = 4{,}15$	$t_{o3} = 3{,}1$
$t_{o4} = 12{,}4$	$t_{o4} = 4{,}13$	$t_{o4} = 2{,}9$
$t_{o5} = 12{,}42$	$t_{o5} = 4{,}05$	$t_{o5} = 2{,}95$
$t_{o6} = 12{,}1$	$t_{o6} = 4{,}25$	$t_{o6} = 3{,}12$



Slika br. 42

Operacije A: uzdužno tokarenje na ⌀ 36 i ravno tokarenje na dužini 120 mm; operacija B: uzdužno tokarenje na ⌀ 23 ravno tokarenje na dužini 18 mm; operacija C: uzdužno tokarenje na ⌀ 24 i ravno tokarenje na dužini 20 mm i kosine s dužine 20 na dužinu 30 mm

Riješenje:

Najprije će se izračunati srednja vrijednost temeljnog vremena strojne obrade za svaku operaciju posebno:

$$t_{oA} = \frac{12{,}3+12{,}2+12{,}0+12{,}4+12{,}42+12{,}1}{6} = \frac{73{,}42}{6} = 12{,}23 \text{ min.}$$

$$t_{oB} = \frac{4{,}2+4{,}1+4{,}15+4{,}13+4{,}05+4{,}25}{6} = \frac{24{,}88}{6} = 4{,}14 \text{ min.}$$

$$t_{oC} = \frac{3+3{,}3+3{,}1+2{,}9+2{,}95+3{,}12}{6} = \frac{18{,}37}{6} = 3{,}06 \text{ min.}$$

Izmjereno temeljno vrijeme strojne obrade je:

$$t_{oA} + t_{oB} + t_{oC} = 12{,}23 + 4{,}14 + 3{,}06 = 19{,}43 \text{ min.}$$

ili približno 19,5 min po komadu.

U praksi postoje naročiti kartoni za evidenciju izmjerenog vremena strojne obrade i izvršenja radnog procesa. U ove kartone se upisuje vrijeme koje se mjeri, skicira sam predmet i operacija koja se obavlja putem strojne obrade i upisuju sve ostale okolnosti pod kojima se obavlja radni proces strojne obrade.

Izgled kartona za upisivanje izmjerenog vremena strojne obrade kao i okolnosti pod kojima se obavlja radni proces strojne obrade dat je na slici 43 i 44.

Izdat će se posebna knjiga ove biblioteke o tome kako se kartoni za evidenciju izmjerenog vremena strojne obrade i radnog procesa čuvaju, sređuju i kako se dalje sa njima postupa u kalkulacinom odjeljenju.

Broj operacije	Broj djela	Broj pred-kalkulacije	Broj

TI I PRIMJEDBE:

Hronometriranje izvršio.

OKRENI!

ju

MATERIJAL						STROJ	VRIJEME		Razred	Broj operacije	Broj djela	Broj pred-kalkulacije	Broj
Vrsta	Dimenzija	Čvrstoća kg/mm²		Težina kg			priprema	rad					
		prije obrade	poslije obrade	prije obrade	poslije obrada								

Protokol o hronometriranju za dio: ....

Radnik ....

PRIPREMA

Red. broj	PODOPERACIJA	Vrijeme tp u min.

NACRTI I PRIMJEDBE:

IZGUBLJENO VRIJEME ti ....

VRIJEME PRIPREME tp ....

Hronometriranje izvršio.

....

ZAVEO U KARTON:

Dan: .... ; Potpis: ....

OKRENI !

Sl. 43 Prednja strana kartona za evidenciju

R A D

Red.broj	Podoperacija	Alat	Duž. obrad. L	Broj okreta n	Pomak s	Dub. reza a	Kval. obrade			Broj komada koji se hronometriraju												Sredn. vrijeme	
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Glavno tg	Uzgredno ts
										Hronometrirano vrijeme za istu operaciju													
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														
									V.I.														
									P.V.														

Hronometriranje izvršio

....

Zaveo u karton:

Dan .... Potpis: ....

Osnovno vrijeme to ....

Izgubljeno vrijeme ti ....

Komadno vrijeme Tk

Sl. 44 Stražnja strana kartona za evidenciju

8

K
S
S

...a koji se hronometriraju								Sredn. vrijeme	
5	6	7	8	9	10	11	12	Glavno	Uzgredno
...no vrijeme za istu operaciju								tg	ts

Osnovno vrijeme to ....

Izgubljeno vrijeme ti ....

Komadno vrijeme Tk

u

SADRŽAJ

Strana

STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA

DOSADA IZIŠLO

Din

1. Ing. *Milan D. Trbojević:* Livenje metala . . . Rasprodano
2. Ing. *Božidar Furundžić:* Beton i armirani beton . Rasprodano
3. Ing. *V. Pavlović:* Provetravanje jamskih prostorija II izdanje 4.50
4. Ing. *Marsel Konforti:* Unutrašnje električne instalacije — Rasprodano
5. *Stevan Radenović:* Elektrolučno zavarivanje . . Rasprodano
6. *Ljudevit Šištek:* Proizvodnja piva . . . . . . Rasprodano
7. Ing. *Đorđe Razumenić:* Lokomotiva, I deo — II izdanje . 11.—
8. Ing. *Milorad Cvijić:* Podzemna električna mreža, II izdanje 8.—
9. Ing. *Branislav Ilić:* Tehničko crtanje u mašinstvu — II izdanje 6,50
10. *Žarko Stamenković:* Tekstilno mašinsko pletenje — Rasprodano
11. Ing. *M. Martinović:* Naša žita u pekarstvu i mlinarstvu — Rasprodano
12. Ing. *Velimir Božić:* Radionička merila metalotehnike — Rasprodano
13. Ing. *Vladimir Farmakovski:* Goriva i sagorenja — Rasprodano
14. Ing. *Milenko Gavrilović:* Gotova koža . . . . 10.—
15. Ing. *Milivoje Stevanović:* Anatomija drveta . . . . . 12.—
16. Ing. *Mihailo Krstić:* Elektromotori jednosmerne struje — Rasprodano
17. Ing. *Nenad Zrnić:* Sprave za obradu metala . . . . . 6.—
18. Ing. *Borivoje Milošević:* Željezo i čelik 8.50
19. *Stanislav Milošević:* Tekstilne sirovine 6.50
20. *** Stahanovske metode kod izrade oplata . . . . 4.—
21. Ing. *Đorđe Razumenić:* Lokomotiva II deo — Kotao . . 7.50
22. *Vladan Dunić:* Sredstva za brušenje . . . . 10.—
23. Ing. *Stevan Rakočević:* Izrada nasipa 5.50
24. Ing. *Mihailo Borisavljević:* Benzinski motori II izdanje . 9,—
25. Ing. *Stjepan Vukelić:* Računica u radionici . . . . . 10.—
26. Ing. arh. *Dujam Granić:* Građevinski materijal . . . 7.—
27. Ing. *Milorad Cvijić:* Alternatori . . . . 7.—
28. *P. N. Zmij:* Čuvanje autoguma 9,50
29. Ing *Živojin S. Milovanović:* Kaljenje čelika 8.50
30. Ing. *Zlatko Rakar:* Bakar . . . . 9.—
31. Ing. *Milivoje Stevanović:* Ukočeno drvo 9.50

STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA

Broj 63

Uredništvo i administracija Beograd, Skadarska 33.
Telefon administracije 26-871 — Uredništva 26-858

Cijena 9 Din.